



Справочник

по физическим свойствам
и химическим свойствам
веществ



18 48

и Я Винокуров

Справочник по
поисково-логическо-
вым данным и
транскрипциям.

М.-Л. издательство
"Информ" 1964.

- 00





СПРАВОЧНИК ПО ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМ ДИОДАМ И ТРАНЗИСТОРАМ

Под редакцией
канд. физ.-мат. наук
Н. Н. ГОРЮНОВА



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»
МОСКВА 1964 ЛЕНИНГРАД

Приведены электрические параметры, предельные эксплуатационные данные и характеристики, а также указания по эксплуатации отечественных серийно выпускаемых диодов и транзисторов.

Даны рекомендации по общим вопросам конструирования надежной аппаратуры на полупроводниковых приборах.

Описаны методы измерения электрических параметров полупроводниковых приборов.

Справочник предназначен для широкого круга специалистов по радиотехнике и электронике, занимающихся разработкой радиоэлектронной аппаратуры на диодах и транзисторах.

Авторский коллектив:

И. А. ВИНОКУРОВ, Н. Н. ГОРЮНОВ,
А. Ю. КЛЕЙМАН, А. А. СОЛОВОВ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Использование диодов и транзисторов в электронной аппаратуре в подавляющем большинстве случаев приводит к выигрышу в габаритах, потреблении электроэнергии, к. п. д., сроке службы и надежности. Однако зависимость параметров и режимов диодов и транзисторов от температуры, а также разброс параметров и некоторое изменение их величины во времени определяют специфические требования к схемам на полупроводниковых приборах (применение температурной стабилизации, отрицательных обратных связей и т. д.).

Недостаточные знания свойств полупроводниковых приборов и эксплуатационных особенностей приводят к неудачам в конструировании аппаратуры, к неумению реализовать положительные свойства диодов и транзисторов, а в ряде случаев к неоправданному отказу от их использования.

Анализ значительного количества отказов аппаратуры на полупроводниках показал, что в подавляющем большинстве это было связано с использованием диодов и транзисторов в предельных режимах при максимальных значениях напряжений и токов и в некоторых случаях даже при значительном превышении предельных режимов. Самый надежный, долговечный и высококачественный транзистор или диод может быть испорчен в результате перегрузки по току или напряжению в течение долей секунды.

Большое количество отказов аппаратуры связано также с тем, что при конструировании не учитываются такие специфические особенности диодов и транзисторов, как изменение их параметров в зависимости от времени хранения, условий работы и в течение срока службы.

Поэтому в справочнике помимо электрических параметров, предельных эксплуатационных данных и характеристик описаны особенности эксплуатации, а также методы измерения параметров, классификация и система обозначений полупроводниковых приборов.

Свыше 100 типов приборов публикуются в справочнике впервые. В их числе туннельные диоды, варикапы, диоды типа *p-n-p-n* и новые типы транзисторов.

Сведения, приводимые в справочнике, составлены на основе промышленных технических условий на диоды и транзисторы.

Указания по правильной эксплуатации и конструированию схем на полупроводниковых приборах, методы измерения параметров и другие сведения базируются на результатах обобщения опыта применения диодов и транзисторов в материалах ряда научно-исследовательских работ по изучению свойств и параметров полупроводниковых приборов.

Отзывы и замечания о справочнике авторы просят направлять по адресу: Москва Ж-114, Шлюзовая набережная, 10, издательство «Энергия».

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Перечень условных обозначений	10

Часть первая

ПАРАМЕТРЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ, ИХ ИЗМЕРЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ

Раздел первый. Классификация и система обозначения полупроводниковых приборов	17
1-1. Устройство полупроводниковых приборов	17
1-2. Системы классификации полупроводниковых приборов	21
1-3. Системы обозначений полупроводниковых приборов	23
Раздел второй. Характеристики и параметры диодов	29
2-1. Классификационные параметры диодов	29
2-2. Вольт-амперные характеристики диодов	29
2-3. Параметры выпрямительных диодов	31
2-4. Параметры высокочастотных диодов	32
2-5. Параметры импульсных диодов	33
2-6. Параметры опорных диодов	35
2-7. Параметры переключающих (четырёхслойных) диодов	36
2-8. Параметры варикапов	37
2-9. Параметры туннельных диодов	38
Раздел третий. Характеристики и параметры транзисторов	41
3-1. Классификационные параметры транзисторов	41
3-2. Вольт-амперные характеристики транзисторов	41
3-3. Параметры постоянного тока	44
3-4. Параметры малого сигнала	44
3-5. Параметры большого сигнала	48
3-6. Основные параметры предельных режимов работы транзисторов	50
3-7. Тепловые параметры диодов и транзисторов и способы отвода тепла	51
3-8. Климатическая и механическая устойчивость диодов и транзисторов	56

Раздел четвертый. Методы измерения электрических параметров диодов и транзисторов	58
4-1. Общие замечания	58
4-2. Измерение основных параметров диодов	60
4-3. Измерение основных параметров транзисторов	74

Раздел пятый. Общие рекомендации по применению полупроводниковых приборов	106
5-1. Эксплуатационные особенности полупроводниковых приборов	106
5-2. Правила установки и крепления полупроводниковых приборов в аппаратуре	116

Часть вторая

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ

Раздел шестой. Диоды выпрямительные	121
6-1. Диоды германиевые сплавные Д7Б, Д7Г, Д7Д, Д7Е, Д7Ж	121
6-2. Диоды кремниевые сплавные Д202, Д203, Д204, Д205	127
6-3. Диоды кремниевые сплавные Д206, Д207, Д208, Д209, Д210, Д211	131
6-4. Диоды кремниевые сплавные Д217, Д218	135
6-5. Диоды кремниевые сплавные Д226, Д226А, Д226В, Д226Г, Д226Д, Д226Е	137
6-6. Диоды кремниевые сплавные Д231, Д231А, Д231Б, Д231П, Д231АП, Д231БП, Д232, Д232А, Д232Б, Д232П, Д232АП, Д232БП, Д233, Д233Б, Д233П, Д233БП, Д234Б, Д234БП	139
6-7. Диоды кремниевые сплавные Д242, Д242П, Д242А, Д242АП, Д242Б, Д242БП, Д243, Д243П, Д243А, Д243АП, Д243Б, Д243БП, Д244, Д244П, Д244А, Д244АП, Д244Б, Д244БП	147
6-8. Диоды германиевые сплавные Д302, Д303, Д304, Д305	151
6-9. Диоды (столбы) кремниевые Д1004, Д1005А, Д1005Б, Д1006, Д1007, Д1008	156
6-10. Диоды (столбы) кремниевые Д1009, Д1009А, Д1010, Д1010А, Д1011А	159
6-11. Диоды (блоки) кремниевые КЦ401А, КЦ401Б	163
Раздел седьмой. Диоды высокочастотные	166
7-1. Диоды германиевые точечные Д2Б, Д2В, Д2Г, Д2Д, Д2Е, Д2Ж, Д2И	166
7-2. Диоды германиевые точечные Д9А, Д9Б, Д9В, Д9Г, Д9Д, Д9Е, Д9Ж, Д9И, Д9К, Д9Л, Д9М	169
7-3. Диоды германиевые точечные Д10, Д10А, Д10Б	182
7-4. Диоды германиевые точечные Д11, Д12, Д12А, Д13, Д14, Д14А	187

7-5. Диоды кремниевые точечные Д101, Д101А, Д102, Д102А, Д103, Д103А	197
7-6. Диоды кремниевые точечные Д104, Д104А, Д105, Д105А, Д106, Д106А	199
7-7. Диоды кремниевые микросплавные Д223, Д223А, Д223Б	206
Раздел восьмой. Диоды импульсные	211
8-1. Диод гермакиевый точечный Д18	211
8-2. Диод германиевый точечный Д20	215
8-3. Диоды кремниевые сплавные Д219А, Д220, Д220А, Д220Б	221
8-4. Диод гермакиевый плоскостной Д310	225
8-5. Диоды кремниевые меза Д503А, Д503Б	227
Раздел девятый. Диоды опорные (стабилитроны)	232
9-1. Диоды опорные (стабилитроны) кремниевые ДС156А, ДС168А	232
9-2. Диоды опорные (стабилитроны) кремниевые Д808, Д809, Д810, Д811, Д813	239
9-3. Диоды опорные (стабилитроны) Д814А, Д814Б, Д814В, Д814Г, Д814Д	244
9-4. Диоды опорные (стабилитроны) кремниевые Д815А, Д815АП, Д815Б, Д815БП, Д815В, Д815ВП, Д815Г, Д815ГП, Д815Д, Д815ДП, Д815Е, Д815ЕП, Д815Ж, Д815ЖП, Д816А, Д816АП, Д816Б, Д816БП, Д816В, Д816ВП, Д816Г, Д816ГП, Д816Д, Д816ДП, Д817А, Д817АП, Д817Б, Д817БП, Д817В, Д817ВП, Д817Г, Д817ГП	245
9-5. Диоды опорные (стабилитроны) кремниевые Д818А, Д818Б, Д818В, Д818Г, Д818Д, Д818Е	250
9-6. Диоды опорные (стабилитроны) кремниевые типов ДС920А, ДС920АП, ДС930А, ДС930АП, ДС950А, ДС950АП, ДС980А, ДС980АП	260
Раздел десятый. Диоды переключающие	264
10-1. Диоды кремниевые переключающие неуправляемые Д227А, Д227Б, Д227В, Д227Г, Д227Д, Д227Е, Д227Ж, Д227И	264
10-2. Диоды кремниевые переключающие неуправляемые Д228А, Д228Б, Д228В, Д228Г, Д228Д, Д228Е, Д228Ж, Д228И	265
10-3. Диоды кремниевые переключающие управляемые Д235А, Д235Б, Д235В, Д235Г	270
10-4. Диоды кремниевые переключающие управляемые Д238А, Д238Б, Д238В, Д238Г, Д238Д, Д238Е	276
Раздел одиннадцатый. Варикапы	279
11-1. Варикапы кремниевые Д901А, Д901Б, Д901В, Д901Г, Д901Д, Д901Е	279
Раздел двенадцатый. Диоды туннельные	284
12-1. Диоды туннельные гермакиевые ИИ302А, ИИ302Б, ИИ302В, ИИ302Г	284
12-2. Диоды туннельные врсекидо-галлиевые ЗИ301А, ЗИ301Б, ЗИ301В, ЗИ301Г	286

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ТРАНЗИСТОРОВ

Раздел тринадцатый. Транзисторы малой мощности низкочастотные	292
13-1. Транзисторы германиевые сплавные П9А, П10, П10А, П10Б, П11, П11А	292
13-2. Транзисторы германиевые сплавные П13, П13Б, П14, П14А, П14Б, П15, П15А	303
13-3. Транзисторы германиевые сплавные П16, П16А, П16Б	315
13-4. Транзисторы германиевые сплавные П20, П21, П21А	322
13-5. Транзисторы германиевые сплавные П25, П25А, П25Б, П26, П26А, П26Б	329
13-6. Транзисторы германиевые сплавные П27, П27А, П28	338
13-7. Транзисторы германиевые сплавные П42А, П42Б	343
13-8. Транзисторы кремниевые сплавные П101, П101А, П102, П103	346
13-9. Транзисторы кремниевые сплавные П104, П105, П106	356
13-10. Транзисторы германиевые сплавные ГТ108А, ГТ108Б, ГТ108В, ГТ108Г	373
13-11. Транзисторы германиевые диффузионно-сплавные ГТ109А, ГТ109Б, ГТ109В, ГТ109Г	378
Раздел четырнадцатый. Транзисторы малой мощности среднечастотные	383
14-1. Транзисторы германиевые сплавные П12, П12А, П406, П407	383
14-2. Транзисторы германиевые сплавные П29, П29А, П30	389
Раздел пятнадцатый. Транзисторы малой мощности высокочастотные	392
15-1. Транзисторы германиевые диффузионные П401, П402, П403, П403А	392
15-2. Транзисторы германиевые диффузионные П414, П414А, П414Б, П415, П415А, П415Б	397
15-3. Транзисторы германиевые диффузионные П416, П416А, П416Б	401
15-4. Транзисторы германиевые диффузионные П420, П421, П422, П422А, П423, П423А	407
15-5. Транзисторы германиевые диффузионные 1Т308А, 1Т308Б, 1Т308В, 1Т308Г	410
15-6. Транзисторы кремниевые диффузионные 2Т301, 2Т301А, 2Т301Б, 2Т301В, 2Т301Г, 2Т301Д, 2Т301Е, 2Т301Ж	419
15-7. Транзисторы кремниевые диффузионные П504, П504А, П505, П505А	426

15-8. Транзисторы германиевые диффузионные 1Т303А, 1Т303Б, 1Т303В, 1Т303Г, 1Т303Д, 1Т303Е . . .	434
15-9. Транзисторы германиевые диффузионные ГТ309А, ГТ309Б, ГТ309В, ГТ309Г, ГТ309Д, ГТ309Е . . .	441
15-10. Транзисторы германиевые диффузионно-сплавные ГТ310А, ГТ310Б, ГТ310В, ГТ310Г, ГТ310Д, ГТ310Е . . .	446
Раздел шестнадцатый. Транзисторы средней мощности среднечастотные . . .	449
16-1. Транзисторы германиевые конверсионные П601, П601А, П601Б, П602, П602А . . .	449
16-2. Транзисторы германиевые конверсионные П605, П605А, П606, П606А . . .	455
16-3. Транзисторы германиевые сплавные средней мощности низкочастотные 1Т403А, 1Т403Б, 1Т403В, 1Т403Г, 1Т403Д, 1Т403Е, 1Т403Ж, 1Т403И . . .	467
Раздел семнадцатый. Транзисторы средней мощности высокочастотные . . .	472
17-1. Транзисторы германиевые конверсионные П607, П607А, П608, П608А, П609, П609А . . .	472
Раздел восемнадцатый. Транзисторы большой мощности низкочастотные . . .	480
18-1. Транзисторы германиевые сплавные П4А, П4Б, П4В, П4Г . . .	480
18-2. Транзисторы германиевые сплавные П201, П201А, П202, П203 . . .	491
18-3. Транзисторы германиевые сплавные мощные П209, П209А, П210, П210А . . .	504
18-4. Транзисторы кремниевые сплавные П302, П303, П303А, П304 . . .	506
Раздел девятнадцатый. Транзисторы большой мощности среднечастотные . . .	515
19-1. Транзисторы кремниевые сплавные П701, П701А . . .	515
19-2. Транзисторы кремниевые сплавные П702, П702А . . .	519
Указания по применению полупроводниковых приборов	526

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

- $I_{\text{пр}}$ — прямой ток;
 $I_{\text{пр. макс}}$ — максимальный прямой ток;
 $I_{\text{макс}}$ — максимальный постоянный ток (ток максимума).
 $I_{\text{обр}}$ — обратный ток;
 $I_{\text{обр. ср}}$ — среднее значение обратного тока;
 $I_{\text{выпр}}$ — выпрямленный ток;
 $I_{\text{выпр. макс}}$ — максимальный выпрямленный ток;
 $I_{\text{ст}}$ — ток стабилизации;
 $I_{\text{ст. макс}}$ — максимальный ток стабилизации;
 $I_{\text{ст. мин}}$ — минимальный ток стабилизации;
 $I_{\text{п}}$ — пиковый ток;
 $I_{\text{мин}}$ — ток минимума;
 $I_{\text{пер}}$ — ток переключения;
 $I_{\text{выкл}}$ — ток выключения;
 $I_{\text{ут}}$ — ток утечки;
 $I_{\text{у}}$ — ток управления;
 $I_{\text{имп. макс}}$ — максимальный импульсный ток;
 $I_{\text{о. макс}}$ — максимальный ток в открытом состоянии;
 $I_{\text{к0}}$ — обратный ток коллекторного перехода;
 $I_{\text{э0}}$ — обратный ток эмиттерного перехода;
 $I_{\text{к. н}}$ — начальный ток коллектора;
 $I_{\text{к. з}}$ — ток коллектора запертого транзистора;

- I_{κ} — ток коллектора;
- I_{ϕ} — ток базы;
- I_{ε} — ток эмиттера;
- $I_{\kappa, \text{ макс}}$ — максимальный (предельный) ток коллектора;
- $I_{\kappa, \text{ нас. макс}}$ — максимальный (предельный) ток коллектора в режиме насыщения;
- $I_{\varepsilon, \text{ макс}}$ — максимальный (предельный) ток эмиттера;
- $I_{\kappa, \text{ макс. имп}}$ — максимальный ток коллектора импульсный;
- $\Delta I_{\text{обр}}$ — стабильность обратного тока;
- $I_{\text{обр.отсч}}$ — обратный ток через диод, при котором производится отсчет времени восстановления обратного сопротивления;
- $U_{\text{пр}}$ — прямое падение напряжения;
- $U_{\text{пр. ср}}$ — среднее значение прямого напряжения;
- $U_{\text{пр. имп. макс}}$ — максимальное импульсное прямое напряжение;
- $U_{\text{обр}}$ — обратное напряжение;
- $U_{\text{обр. макс}}$ — максимальное обратное напряжение;
- $U_{\text{ст}}$ — напряжение стабилизации;
- $U_{\text{макс}}$ — максимальное напряжение;
- $U_{(\text{макс})}$ — напряжение максимума туннельного днода.
- $U_{\text{ост}}$ — остаточное напряжение;
- $U_{\text{пер}}$ — напряжение переключения;
- $U_{\text{п}}$ — пиковое напряжение;
- $U_{(\text{мин})}$ — напряжение минимума;
- $U_{\text{см}}$ — напряжение смещения;

- U_0 — начальное напряжение смещения;
- U_{II} — наибольшее напряжение;
- ΔU — максимальное напряжение переключения (для туннельных диодов);
- $U_э$ — напряжение на эмиттере;
- $U_б$ — напряжение на базе;
- $U_к$ — напряжение на коллекторе;
- $U_{к. н}$ — напряжение между коллектором и эмиттером в режиме насыщения;
- $U_{б. н}$ — напряжение между базой и эмиттером в режиме насыщения;
- $E_к$ — напряжение источника питания коллекторной цепи;
- $U_{кб. макс}$ — предельное напряжение между коллектором и базой;
- $U_{кэ. макс}$ — предельное напряжение между коллектором и эмиттером;
- $U_{эб. макс}$ — предельное напряжение между эмиттером и базой;
- $U_{действ}$ — действующее напряжение;
- $U_{обр. имп}$ — обратное импульсное напряжение;
- $U_{огр}$ — напряжение ограничения;
- $\Delta U_{ст}$ — дрейф (стабильность) напряжения стабилизации;
- $\varphi_к$ — контактная разность потенциалов;
- $U_{имп}$ — напряжение импульсное;
- $U_{вх}$ — входное напряжение;
- $U_{кэ, макс} (R_{эб})$ — максимальное (предельное) напряжение между коллектором и эмиттером при включении сопротивления $R_{эб}$ между эмиттером и базой;
- $U_{эб}$ — напряжение между эмиттером и базой;

- $U_{кб}$ — напряжение между коллектором и базой;
 $U_{кэ}$ — напряжение между коллектором и эмиттером;
 U_{α} — напряжение между коллектором и эмиттером, при котором $\alpha = 1$;
 P_k — мощность, рассеиваемая на коллекторе;
 $P_{э}$ — мощность, рассеиваемая на эмиттере;
 $P_{\text{макс}}$ — максимальная мощность (предельная мощность);
 $P_{k, \text{макс}}$ — максимальная (предельная) мощность рассеивания на коллекторе;
 $R_{\text{имп. макс}}$ — максимальное импульсное сопротивление;
 $S_{\text{ст}}$ — статическая крутизна;
 $R_{\text{имп}}$ — импульсное сопротивление;
 $R_{\text{обр}}$ — обратное сопротивление;
 R_d — дифференциальное сопротивление диода;
 R_k — сопротивление в цепи коллектора;
 R_b — сопротивление в цепи базы;
 $R_{эб}$ — сопротивление, включенное между эмиттером и базой;
 $R_{\text{нас}}$ — сопротивление насыщения;
 $R_{\text{эв}}$ — входное сопротивление электронного вольтметра;
 $R_{э}$ — сопротивление в цепи эмиттера;
 $R_{\text{вх}}$ — входное сопротивление;
 $R_{\text{вых}}$ — выходное сопротивление;
 r_{Π} — сопротивление потерь;
 h_{11} — входное сопротивление транзистора при коротком замыкании по переменному току на выходе;

- h_{21} — выходная проводимость транзистора при холостом ходе на входе;
- r_6 — сопротивление базы транзистора;
- r'_6 — сопротивление базы транзистора на высокой частоте;
- $r_{6, и}$ — сопротивление базы транзистора импульсное;
- $R_{т. п-к}$ — тепловое сопротивление переход — корпус;
- $R_{т. п-с}$ — тепловое сопротивление переход — среда;
- r_k — сопротивление коллектора;
- $Z_{вх}$ — полное сопротивление входа измерительного прибора;
- $R_{вн}$ — внутреннее сопротивление;
- R_o — образцовое сопротивление;
- R_r — сопротивление генератора;
- C — емкость;
- C_d — емкость диода;
- $C_{ном}$ — номинальная емкость;
- $C_{мин}$ — минимальная емкость;
- $C_{макс}$ — максимальная емкость;
- C_k — емкость коллектора;
- $C_э$ — емкость эмиттера;
- $C(U)$ — емкость при напряжении U ;
- $C_{вх}$ — входная емкость измерительного прибора;
- $C_{д. мин}$ — минимальная емкость диода;
- C_r — емкость, включенная последовательно с генератором;
- C_6 — емкость блокировочного конденсатора;
- $C_{эт}$ — эталонная емкость;

- $C_{св}$ — емкость конденсатора связи;
 $C_{изм}$ — емкость измерительного конденсатора;
 $C_{квал}$ — калибровочная емкость;
 L — индуктивность;
 L_d — индуктивность диода;
 t_p — температура перехода;
 t_k — температура корпуса прибора;
 t_c — температура среды, окружающей прибор;
 $t_{п, макс}$ — максимальная (предельная) температура перехода;
 $t_{к, макс}$ — максимальная температура корпуса;
 τ — время;
 $\tau_{вкл}$ — время включения;
 $\tau_{выкл}$ — время выключения;
 $\tau_{пер}$ — время переключения;
 $\tau_{уст}$ — время установления прямого сопротивления;
 $\tau_{восст}$ — время восстановления обратного сопротивления диода;
 $\tau_{ф}$ — длительность фронта импульса;
 $\tau_{и}$ — длительность импульса;
 τ_p — время рассасывания;
 Δf — диапазон рабочих частот;
 $f_{макс}$ — максимальная частота генерации;
 $f_{мин}$ — минимальная частота;
 f_a — предельная частота усиления по току;
 TKH — температурный коэффициент напряжения;
 TKE — температурный коэффициент емкости;

- ТКД — температурный коэффициент добротности;
- h_{12} — коэффициент обратной связи по напряжению в транзисторе;
- h_{21} — коэффициент усиления по току (передачи тока) в транзисторе;
- α — коэффициент усиления по току (передачи тока) при включении транзистора по схеме с общей базой;
- B — коэффициент усиления по току (передачи тока) транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером;
- $|B|$ — модуль коэффициента усиления по току (передачи тока) транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером;
- $|\alpha|$ — модуль коэффициента усиления по току (передачи тока) транзистора, включенного по схеме с общей базой;
- $B_{ст}$ — статический коэффициент усиления по току (передачи тока);
- $F_{ш}$ — коэффициент шума;
- K_n — коэффициент насыщения;
- K_p — коэффициент усиления по мощности.
-

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ПАРАМЕТРЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ, ИХ ИЗМЕРЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

КЛАССИФИКАЦИЯ И СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

1-1. Устройство полупроводниковых приборов

Диоды и транзисторы относятся к электропреобразовательным полупроводниковым приборам, рабочим элементом у которых служит полупроводниковый *p-n* переход (*p-n* структура).

Структура *p-n* (рис. 1-1) состоит из двух областей: *p*-области с дырочной проводимостью и *n*-области с электронной проводимостью.

В зависимости от полярности приложенного напряжения через *p-n* переход может протекать или малый обратный ток (когда подается запирающее напряжение), или большой прямой ток (когда напряжение приложено в прямом «пропускном» направлении).

Прямое направление соответствует положительному смещению области *p* относительно области *n*.

Если к *p-n* переходу приложено переменное напряжение, ток через него и во внешней цепи проходит лишь в одном направлении во время действия полуволны прямого напряжения. В этом заключается выпрямительное действие *p-n* перехода, используемое в диодах для выпрямления, детектирования и переключения сигналов.

Если к *p-n* структуре «добавить» область с дырочной или электронной проводимостью, то образуется транзисторная *p-n-p* или *n-p-n* структура с двумя пере-

ходами (рис. 1-2), обладающая усилительными свойствами. Средняя область транзисторной структуры — база — делается очень тонкой.

К одному из переходов — эмиттерному — напряжение приложено в прямом направлении, к другому переходу — коллекторному — в обратном.

Носители заряда, попадающие в базу из эмиттерного перехода, достигают коллекторного перехода. За счет этого ток в цепи коллектора увеличивается.

Величиной этой составляющей тока можно управлять, изменяя напряжение на эмиттерном переходе. При этом мощность, выделяемая в выходной цепи,



Рис. 1-1. Схема устройства p - n перехода.

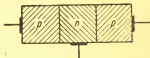


Рис. 1-2. Схема устройства p - n - p транзистора.

значительно превышает мощность, потребляемую на входе. Происходит усиление по мощности (конечно, за счет потребления энергии источника питания коллекторной цепи).

В зависимости от способа получения и геометрии переходов различаются диоды и транзисторы с точечными¹ и плоскостными переходами.

В диодах с точечным переходом в качестве выпрямительного элемента используется контакт германевой или кремниевой монокристаллической пластинки с заостренным электродом из вольфрама или фосфористой бронзы. В процессе изготовления диодов через точечный контакт пропускают импульсы тока значительной величины («формовка» перехода), в результате чего под контактной пружиной образуется полусферический p - n переход (рис. 1-3).

Диоды с точечным переходом работают в широком диапазоне частот (до 600 МГц). Основное применение эти диоды находят в маломощных выпрямительных схе-

¹ Отечественная промышленность не выпускает транзисторы с точечными переходами из-за их низкой стабильности и плохой воспроизводимости электрических характеристик.

мах, в детекторах амплитудно-модулированных и частотно-модулированных колебаний, в ограничителях, преобразователях частоты и импульсных схемах.

В диодах и транзисторах с плоскостными переходами последние образуются в объеме полупроводника (рис. 1-4).

Плоскостные переходы могут быть получены различными технологическими методами: сплавлением, диффузией, выращиванием и т. д. Большинство диодов и транзисто-

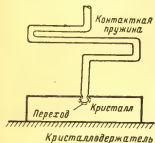


Рис. 1-3. Схема устройства точечного диода.

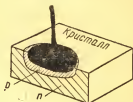


Рис. 1-4. Схема образования $p-n$ перехода в объеме полупроводника.

ров, параметры и характеристики которых приводятся в настоящем справочнике, изготавливаются сплавным и диффузионным методами.

Сплавной плоскостной переход получают путем сплавления в германиевую или кремниевую монокристаллическую пластинку (n - или p -типа) электродов, которые содержат примесные вещества, изменяющие характер проводимости исходного материала. Например, для получения $p-n-p$ транзистора в германиевую пластинку, обладающую электронной проводимостью, вплавляют с противоположных сторон индиевые электроды с необходимыми примесями (рис. 1-5).

Сплавным методом получают диоды на выпрямленный ток до 10 а и амплитудой обратного напряжения до 600 в, а также транзисторы на различные мощности в диапазоне от 0,01 до 300 вт, работающие как в режиме усиления, так и в режиме переключения. Максимальная

рабочая частота транзисторов, изготовленных сплавным методом, не превышает 30 Мгц.

Сплавные транзисторы рекомендуется применять в схемах усилителей звуковых частот, блокинг-генераторов, преобразователей, стабилизаторов тока и напряжения, феррит-транзисторных элементах.

Диффузионные плоскостные переходы получают путем диффузии в исходную кремниевую или германиевую монокристаллическую пластинку примесного вещества, в результате чего в пластинке создаются области с различными типами проводимости, т. е. *p-n* переходы. Диффузионный метод получения *p-n* переходов, имеющий много технологических разновидностей, позволяет создавать различные типы транзисто-



Рис. 1-5. Схема устройства сплавного транзистора.

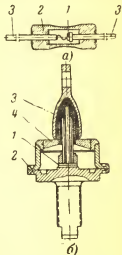


Рис. 1-6. Конструкция диодов.

а — точечный в стеклянном корпусе; б — мощный сплавной в металлогерметическом корпусе.

ров на рабочие частоты до 1 000 Мгц и более, импульсные высокоскоростные диоды с временем переключения, измеряемым долями наносекунды, а также управляемые переключающие приборы (диоды *p-n-p-n*), которые переключают токи 20—30 а при напряжениях порядка 400 в за время около 0,1 мксек.

Транзисторы, изготовленные диффузионным методом, нашли широкое применение в радиоэлектрон-

ной аппаратуре и особенно в различных типах мало-сигнальных усилителей радиочастот и в быстродействующих импульсных схемах.

Типичные конструкции диодов и транзисторов показаны на рис. 1-6 и 1-7.

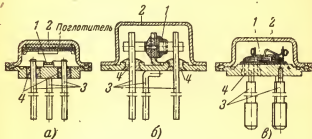


Рис. 1-7. Конструкции транзисторов.

а — маломощный (холодносварная конструкция); б — маломощный (горячесварная конструкция); в — мощный (холодносварная конструкция).

Основными элементами конструкций являются: кристалл полупроводникового материала с переходами 1, герметичный корпус 2, выводы 3 и изоляторы выводов 4.

1-2. Системы классификации полупроводниковых приборов

Вне зависимости от технологии получения $p-n$ переходов транзисторы можно классифицировать по мощности на транзисторы малой, средней и большой мощности и по частоте на транзисторы низкой, средней и высокой частоты (табл. 1-1).

По областям применения или назначению диоды можно классифицировать на следующие основные группы: выпрямительные, универсальные (высокочастотные), сверхвысокочастотные, импульсные, опорные (стабилитроны), переключающие четырехслойные, варикапы и туннельные.

По исходному полупроводниковому материалу диоды и транзисторы делятся на германиевые и крем-

Таблица 1-1

Транзисторы		
Малой мощности $P_K < 0,3 \text{ вт}$	Средней мощности $0,3 \text{ вт} < P_K < 3 \text{ вт}$	Большой мощности $P_K > 3 \text{ вт}$
Низкой частоты $f < 3 \text{ МГц}$	Низкой частоты $f < 3 \text{ МГц}$	Низкой частоты $f < 3 \text{ МГц}$
Средней частоты $3 \text{ МГц} < f < 30 \text{ МГц}$	Средней частоты $3 \text{ МГц} < f < 30 \text{ МГц}$	Средней частоты $3 \text{ МГц} < f < 30 \text{ МГц}$
Высокой частоты $30 \text{ МГц} < f < 300 \text{ МГц}$	Высокой частоты $30 \text{ МГц} < f < 300 \text{ МГц}$	Высокой частоты $30 \text{ МГц} < f < 300 \text{ МГц}$
СВЧ $f > 300 \text{ МГц}$	СВЧ $f > 300 \text{ МГц}$	СВЧ $f > 300 \text{ МГц}$

Примечания: 1. P_K — максимальная рассеиваемая мощность, выделяемая на коллекторе; f — предельная рабочая частота.

2. Для маломощных транзисторов электрическая мощность, выделяемая на коллекторе, определяется без дополнительного внешнего теплоотвода; для транзисторов средней и большой мощности — с дополнительным теплоотводом.

нные. В настоящее время отечественная промышленность приступила к серийному выпуску приборов и на основе арсенида галлия. Германиевые приборы могут работать в диапазоне температур от -60° до $+70 \div 85^{\circ}$ С, кремниевые от -60 до $+120 \div 150^{\circ}$ С.

1-3. Системы обозначений полупроводниковых приборов

У приборов, разработанных ранее 1964 г. и выпускающихся сейчас, условные обозначения состоят из двух или трех элементов.

Первый элемент обозначения, буква Д — для диодов, П — для плоскостных транзисторов.

Второй элемент обозначения — число (номер), которое указывает на область применения.

Для диодов

Область применения, назначение	Номера
Точечные германиевые . . .	от 1 до 100
Точечные кремниевые . . .	от 101 до 200
Плоскостные кремниевые . .	от 201 до 300
Плоскостные германиевые . .	от 301 до 400
Смесительные СВЧ детекторы	от 401 до 500
Умножительные	от 501 до 600
Видеодетекторы	от 601 до 700
Параметрические германиевые	от 701 до 749
Параметрические кремниевые	от 750 до 800
Опорные диоды (стабилизаторы)	от 801 до 900
Варикапы	от 901 до 950
Туннельные диоды	от 951 до 1 000
Выпрямительные столбы . .	от 1 001 до 1 100

Для транзисторов

Маломощные германиевые низкочастотные	от 1 до 100
Маломощные кремниевые низкочастотные	от 101 до 200

Мощные германиевые низкочастотные .	от 201 до 300
Мощные кремниевые низкочастотные .	от 301 до 400
Маломощные германиевые высокочастотные	от 401 до 500
Маломощные кремниевые высокочастотные	от 501 до 600
Мощные германиевые высокочастотные	от 601 до 700
Мощные кремниевые высокочастотные .	от 701 до 800

Т р е т и й э л е м е н т обозначения — буква, указывающая разновидность прибора. Для полупроводниковых приборов, не имеющих разновидности типа, третий элемент условного обозначения отсутствует.

В связи с недостатками старой системы классификации и обозначения полупроводниковых приборов утверждена новая, более совершенная система обозначений диодов и транзисторов ГОСТ 10862—64.

В соответствии с этой системой вновь разработанным приборам присваиваются обозначения из четырех элементов.

П е р в ы й э л е м е н т — буква или цифра — обозначает исходный материал:

Г или 1 — германий;

К или 2 — кремний;

А или 3 — арсенид галлия.

В т о р о й э л е м е н т — буква, указывающая класс или группу приборов:

Д — выпрямительные, универсальные, импульсные диоды;

Т — транзисторы;

В — варикапы;

А — сверхвысокочастотные диоды;

Ф — фотоприборы;

Н — неуправляемые многослойные переключающие приборы;

У — управляемые многослойные переключающие приборы;

И — туннельные диоды;

С' — стабилитроны;

Ц — выпрямительные столбы и блоки.

Т р е т и й э л е м е н т — число, указывающее назначение или электрические свойства прибора в соответствии со следующей таблицей.

Диоды низкой частоты:

выпрямительные диоды	от 101 до 399
универсальные диоды	от 401 до 499
импульсные диоды	от 501 до 599
варикапы	от 101 до 999

Сверхвысокочастотные диоды:

смесительные	от 101 до 199
видеодетекторы	от 201 до 299
модуляторные	от 301 до 399
параметрические	от 401 до 499
переключающие	от 501 до 599
умножительные	от 601 до 699

Фотодиоды от 101 до 199

Фототранзисторы от 201 до 299

Неуправляемые многослойные переключа-
ющие приборы:

малой мощности	от 101 до 199
средней мощности	от 201 до 299
большой мощности	от 301 до 399

Управляемые многослойные переключа-
ющие приборы:

малой мощности	от 101 до 199
средней мощности	от 201 до 299
большой мощности	от 301 до 399

Туннельные диоды:

усилительные	от 101 до 199
генераторные	от 201 до 299
переключающие	от 301 до 399

Стабилитроны малой мощности:

напряжение стабилизации от 1,0 до 9,9 в	от 101 до 199
напряжение стабилизации от 10 до 99 в	от 201 до 299
напряжение стабилизации от 100 до 199 в	от 301 до 399

Стабилитроны средней мощности:

напряжение стабилизации от 1,0 до 9,9 в	от 401 до 499
напряжение стабилизации от 10 до 99 в	от 501 до 599
напряжение стабилизации от 100 до 199 в	от 601 до 699

Стабилитроны большой мощности:

напряженные стабилизации	
от 1,0 до 9,9 в	от 701 до 799
напряженные стабилизации	
от 10 до 99 в	от 801 до 899
напряженные стабилизации	
от 100 до 199 в	от 900 до 999
Выпрямительные столбы малой мощности	от 101 до 199
Выпрямительные столбы средней мощности	от 201 до 299
Выпрямительные блоки малой мощности	от 301 до 399
Выпрямительные блоки средней мощности	от 401 до 499
Выпрямительные блоки большой мощности	от 501 до 599

Транзисторы малой мощности:

низкой частоты	от 101 до 199
средней частоты	от 201 до 299
высокой частоты	от 301 до 399

Транзисторы средней мощности:

низкой частоты	от 401 до 499
средней частоты	от 501 до 599
высокой частоты	от 601 до 699

Транзисторы большой мощности:

низкой частоты	от 701 до 799
средней частоты	от 801 до 899
высокой частоты	от 901 до 999

Четвертый элемент — буква, указывающая разновидность типа из данной группы приборов.

Примеры обозначения полупроводниковых приборов:








ГТ108А — германиевый маломощный низкочастотный транзистор, разновидность типа А.

2Д503Б — кремниевый импульсный диод, разновидность типа Б.

В технической документации и в специальной литературе следует применять условные графические обозначения, приведенные в ГОСТ 7624-62 (табл. 1-2).

Графические обозначения для полупроводниковых приборов

Наименование приборов	Обозначение
Диод полупроводниковый. Вентиль полупроводниковый, состоящий из одного или ряда последовательно, параллельно или смешанно соеди- ненных вентилях	
Диод полупроводниковый с двойной базой	
Транзистор точечный и сплавной типа <i>p-n-p</i>	
Транзистор точечный и сплавной типа <i>n-p-n</i>	
1. В зависимости от схемы включения допускается изображения эмиттера в коллектора менять местами, например	
2. В обозначениях транзисто- ров и тетродов допускает- ся окружность не изобра- жать, например	
Тетрод полупроводниковый типа <i>p-n-p</i>	
Тетрод полупроводниковый типа <i>n-p-n</i>	
Фотосопротивление с внутренним фотоэффектом	

Наименование прибора	Обозначение
Фотодиод	
Фотоэлемент с запирающим слоем	
Фототранзистор типа <i>p-n-p</i>	
Фототранзистор типа <i>n-p-n</i>	
Диод туннельный	
Опорный диод (стабилитрон)	
Диод емкостный (варикап)	

ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПАРАМЕТРЫ ДИОДОВ

2-1. Классификационные параметры диодов

В технических условиях и справочных листах на полупроводниковые диоды среди электрических параметров выделяют так называемые классификационные параметры.

По этим параметрам из группы полупроводниковых диодов выбирают необходимый тип (подтип). Например, германиевые выпрямительные сплавные диоды групп Д7Б—Д7Ж различаются и классифицируются на типы по наибольшей амплитуде обратного напряжения.

Если для выпрямительных диодов в качестве классификационного параметра обычно указывается обратное напряжение, то импульсные диоды классифицируются по времени восстановления обратного сопротивления, опорные диоды (стабилитроны) — по напряжению стабилизации и т. д.

В зависимости от конструкции, технологии изготовления и назначения диодов в технических условиях или справочных листах может указываться несколько классификационных параметров.

2-2. Вольт-амперные характеристики диодов

Вольт-амперные характеристики диодов графически изображают зависимость тока через диод от величины приложенного напряжения. На рис. 2-1 схематически представлена такая характеристика.

Участок *ОА* соответствует включению диода в прямом, пропускном направлении. Это прямая ветвь вольт-амперной характеристики. Участок *ОБ* соответствует включению диода в обратном, запиорном направлении. Это обратная ветвь.

Знаком «+» отмечена вольт-амперная характеристика при повышенной температуре окружающей среды, знаком «—» при пониженной. При повышении температуры величина прямого и обратного тока увеличивается.

Если через диод протекает постоянный прямой ток $I_{пр}$, то при изменении температуры падение напряже-

ния на диоде изменяется приблизительно на 2 мв на каждый 1°C .

Дифференциальное сопротивление диода в прямом направлении сильно зависит от величины протекающего тока и уменьшается с увеличением тока. С достаточной точностью можно считать, что для диодов всех ти-

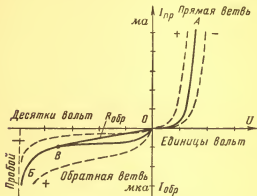


Рис. 2-1. Вольт-амперная характеристика диода.

пов (независимо от их мощности и размера) дифференциальное сопротивление R_d в омах при температуре $+20^\circ \text{C}$ равно:

$$R_d = \frac{26}{I_{пр} (\text{мА})}.$$

Важно отметить, что величина прямого тока через диод резко экспоненциально зависит от приложенного прямого напряжения; величина прямого напряжения, при котором начинается резкое возрастание прямого тока, зависит от конструкции диода, оно минимально для германиевых точечных диодов и максимально для кремниевых плоскостных (выпрямительных диодов). Напротив, величина обратного тока слабо зависит от приложенного напряжения. При большом обратном

напряжении происходит пробой p - n перехода диода, и ток через диод резко растёт.

Дифференциальное сопротивление диода при обратных напряжениях очень велико: от нескольких десятков килоом до сотен мегом. При работе на обратной ветви характеристики диод часто характеризуется величиной обратного сопротивления $R_{обр}$, равного отношению обратного напряжения к величине обратного тока (прямая OB). Величина $R_{обр}$ резко уменьшается при повышении температуры вследствие сильного увеличения обратного тока. Величина обратного тока, при увеличении температуры на каждые 10°C , увеличивается в 2 раза у германиевых и в 2,5 раза у кремневых диодов.

Для некоторых диодов в справочнике приводятся динамические вольт-амперные характеристики, снятые с учетом разогрева диодов при рабочей нагрузке.

В справочнике приведены усредненные вольт-амперные характеристики диодов, которые можно использовать при расчете выпрямительных схем, конечных состояний импульсных схем, при расчетах цепей смещения, стабилизации режима и т. д. Характеристики отдельных образцов диодов могут отличаться от усредненных, поэтому точность расчетов по средним характеристикам обычно не превышает 10—20%.

2.3. Параметры выпрямительных диодов

Выпрямительные диоды предназначены для использования в разнообразных выпрямительных схемах, работающих обычно на токах низкой частоты (50—2 000 гц).

Для того чтобы получить высокий коэффициент полезного действия выпрямителя, падение напряжения на диоде $U_{пр}$ при протекании прямого тока $I_{пр}$ должно быть минимальным.

При работе диода в вентильном режиме указывается среднее за период значение прямого тока $I_{пр. ср}$ или величина выпрямленного тока $I_{выпр}$.

Падение напряжения на диоде при этом характеризуется средним значением прямого напряжения за период $U_{пр. ср}$.

Если выпрямитель работает на емкостную нагрузку, мгновенное значение прямого тока $I_{\text{пр. пер. макс}}$ может значительно превышать среднее значение тока.

Выпрямительные свойства диодов характеризуются также величиной обратных токов через них.

Приложенное к диоду постоянное обратное напряжение $U_{\text{обр}}$ вызывает протекание постоянного обратного тока $I_{\text{обр}}$.

При работе диода в выпрямителе необходимо знать $U_{\text{обр. ср}}$ — среднее за период значение обратного напряжения и величину $I_{\text{обр. ср}}$ — среднее за период значение обратного тока.

Для расчета ряда характеристик выпрямителя (например, внутреннего сопротивления) необходимо знать дифференциальное сопротивление диода R_d . Оно определяется как отношение приращения напряжения на диоде к вызвавшему его малому приращению тока.

Важным параметром является диапазон рабочих частот диода Δf (иногда задается максимальная частота $f_{\text{макс}}$). Если частота переменного напряжения, приложенного к диоду, превышает $f_{\text{макс}}$, потери в диоде резко растут и он разогревается.

Предельный режим использования диодов характеризуют следующие параметры:

максимальное обратное напряжение $U_{\text{обр. макс}}$ — напряжение любой формы и периодичности;

максимальное значение прямого тока $I_{\text{пр. макс}}$ (или выпрямленного тока $I_{\text{выпр. макс}}$);

максимальная температура корпуса $t_{\text{ж. макс}}$.

Для некоторых диодов указывается нестабильность тока $\Delta I_{\text{обр}}$ — абсолютная величина максимального изменения обратного тока в течение заданного времени.

2-4. Параметры высокочастотных диодов

Высокочастотные диоды — приборы универсального назначения. Они могут быть использованы для выпрямления токов в широком диапазоне частот (до нескольких сотен мегагерц), модуляции, детектирования и других нелинейных преобразований электрических сигналов.

Свойства высокочастотных диодов характеризуют следующие параметры:

$U_{пр}$ — падение напряжения на диоде при протекании через него постоянного прямого тока $I_{пр}$; $I_{обр}$ — ток, протекающий через диод в обратном направлении при напряжении $U_{обр}$; R_d — дифференциальное сопротивление диода. Величина дифференциального сопротивления сильно зависит от постоянного тока через диод; Δf — диапазон рабочих частот. На любой частоте этого диапазона выпрямленный диодом ток не должен быть меньше заданного уровня по сравнению с величиной выпрямленного тока на частоте нижнего предела диапазона.

Выпрямленный ток измеряется при включении диода по схеме однополупериодного выпрямителя с емкостной нагрузкой;

C_d — емкость диода между выводами диода при заданном напряжении смещения.

Предельный режим работы диода характеризуют следующие параметры:

$I_{пр. макс}$ — максимальная величина постоянного прямого тока через диод;

$U_{обр. макс}$ — максимальная величина обратного напряжения любой формы и периодичности.

2-5. Параметры импульсных диодов

Импульсные диоды предназначены для использования в качестве ключевых элементов в схемах при малых длительностях импульсов и переходных процессов (микросекунды и доли микросекунд).

При коротких рабочих импульсах необходимо учитывать инерционность процессов включения и выключения диодов. После включения прямого тока (рис. 2-2) напряжение на диоде устанавливается не мгновенно. Интервал времени $t_{уст}$ от начала импульса прямого тока до момента, когда напряжение на диоде упадет до 1,2 установившейся величины, называется временем установления прямого сопротивления диода.

Отношение величины $U_{пр. имп. макс}$ — максимального импульсного прямого напряжения на диоде к вели-

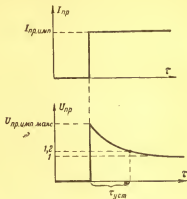


Рис. 2-2. Ток и напряжение в цепи импульсного диода в момент включения.

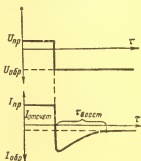


Рис. 2-3. Напряжение и ток в цепи импульсного диода при выключении.

чине импульса прямого тока $I_{\text{пр. имп}}$ называется импульсным сопротивлением диода максимальным $R_{\text{имп. макс.}}$.

Если на диод, через который протекал прямой ток, подать обратное напряжение так, чтобы его запереть, то диод запирается не мгновенно (рис. 2-3).

При протекании прямого тока в базе диода накапливается заряд. При подаче запирающего напряжения этот заряд рассасывается и вызывает протекание импульса обратного тока, который может во много раз превышать установившуюся величину обратного тока. Отрезок времени $\tau_{\text{восст}}$ от момента, когда ток через диод равен нулю, до момента, когда обратный ток уменьшится до заданного уровня, называется временем восстановления обратного сопротивления диода.

Импульсные диоды, как правило, характеризуются малой величиной емкости C_d , измеряемой как емкость между выводами при заданном напряжении смещения.

Для импульсных диодов указываются также величины постоянного прямого напряжения $U_{\text{пр}}$ при протекании постоянного тока $I_{\text{пр}}$ и величина обратного тока $I_{\text{обр}}$ при заданной величине обратного напряжения.

Предельные режимы работы определяются величиной максимального обратного напряжения на диоде $U_{\text{обр. макс}}$ любой формы и периодичности и величиной максимального прямого импульса тока $I_{\text{пр. имп. макс.}}$.

2-6. Параметры опорных диодов

Опорные диоды предназначены для стабилизации уровня напряжения в схеме при изменении величины протекающего через диод тока в широких пределах.

Основной параметр диода $U_{\text{ст}}$ — напряжение стабилизации в рабочей области, где большому изменению тока через диод соответствует малое изменение напряжения.

В рабочей области задается дифференциальное сопротивление диода R_d — отношение изменения напряжения стабилизации к вызвавшему его малому изменению тока стабилизации $I_{\text{ст}}$.

Важным параметром является ТКН — температурный коэффициент напряжения стабилизации — отношение относительного изменения напряжения к абсолютному изменению температуры окружающей среды. Величина ТКН выражается в процентах на 1°C .

Стабильность работы диода характеризуется величиной дрейфа напряжения стабилизации $\Delta U_{\text{ст}}$, указывающей максимальную абсолютную величину изменения напряжения стабилизации $U_{\text{ст}}$ в течение заданного времени.

Максимальный режим работы для опорных диодов характеризуется максимальным током стабилизации $I_{\text{ст. макс}}$ и максимальной мощностью, рассеиваемой диодом.

2-7. Параметры переключающих (четырёхслойных) диодов

Переключающие диоды (неуправляемые и управляемые) предназначены для использования в качестве ключевых элементов в схемах автоматики и других устройств.

Вольт-амперная характеристика переключающего неуправляемого диода схематически изображена на рис. 2-4.

Участок OA соответствует выключенному состоянию диода. Через него протекает ток утечки $I_{\text{ут}}$, величина которого указывается для определенного на-

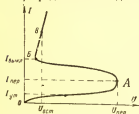


Рис. 2-4. Вольт-амперная характеристика переключающего диода.

пряжения. Вблизи точки A ток через диод резко растет при небольшом увеличении напряжения. Напряжение и ток, соответствующие точке A характеристики, называются напряжением переключения $U_{\text{пер}}$ и током переключения $I_{\text{пер}}$. Дифференциальное сопротивление диода в точке A становится равным нулю.

На участке AB дифференциальное сопротивление диода отрицательно. Этот участок соответствует неустойчивому положению рабочей точки, если последователь-

но с диодом включено малое сопротивление нагрузки (или емкость). При таких условиях рабочая точка быстро перемещается на участок характеристики $BВ$, соответствующий включенному состоянию диода. На этом участке дифференциальное сопротивление диода снова положительно.

Падение напряжения на диоде $U_{ост}$ здесь мало (оно измеряется при заданной величине тока).

Для того чтобы поддерживать диод во включенном состоянии, через него должен проходить ток величиной не менее $I_{выкл}$ (тока B) — тока выключения.

В отличие от неуправляемых диодов, у которых величина $U_{пер}$ постоянна, напряжение переключения управляемых диодов может изменяться (уменьшаться) при подаче импульса между специальным управляющим электродом и эмиттером. Параметры управляющего импульса указываются в справочных данных диода.

Инерционность процессов включения и выключения диода при подаче на него импульсов напряжения характеризуется временем включения $\tau_{вкл}$ и временем выключения $\tau_{выкл}$.

Время включения — время с момента подачи запирающего импульса, в течение которого напряжение на диоде уменьшится до заданного уровня. Время выключения — минимальное время, в течение которого на диод должно подаваться запирающее напряжение, выключающее диод.

Время включения и выключения существенно зависит от параметров измерительной схемы и испытательных импульсов.

Емкость диода C_d измеряется при нулевом напряжении смещения.

Для характеристики максимально допустимого режима работы диода указывается максимально допустимая величина импульсного прямого тока $I_{пр. \text{ имп. макс}}$ при заданной длительности импульса.

2-8. Параметры варикапов

Варикап — это специально сконструированный диод, емкость которого можно менять в широких пределах.

Величина емкости p - n перехода диода зависит от

приложенного напряжения. С увеличением обратного напряжения эта емкость уменьшается по закону

$$C(U) = C(0) \left(\frac{\varphi_k}{\varphi_k + U} \right)^{1/n},$$

где $C(U)$ — емкость диода при обратном напряжении U ;

$C(0)$ — емкость при нулевом напряжении на диоде;

φ_k — величина контактного потенциала (обычно составляет несколько десятых долей вольта), $n=2$ для резких переходов и $n=3$ для плавных.

Высокая добротность емкости достигается путем уменьшения утечек и последовательного сопротивления диода.

Основной параметр варикапа — величина номинальной емкости $C_{\text{ном}}$ при номинальном напряжении смещения. Кроме того, указываются максимальная $C_{\text{макс}}$ и минимальная $C_{\text{мин}}$ емкости диода соответственно при минимально возможном и максимальном напряжениях смещения¹.

Качество емкости характеризуется добротностью Q , которая определяется как отношение реактивного сопротивления к полному сопротивлению потерь диода на заданной частоте.

Стабильность работы варикапа характеризуется также температурным коэффициентом емкости ТКЕ и температурным коэффициентом добротности ТКД.

Величина напряжения смещения ограничивается максимально допустимой $U_{\text{макс}}$.

2-9. Параметры туннельных диодов

Туннельный диод характеризуется наличием в его вольт-амперной характеристике участка с отрицательным дифференциальным сопротивлением (рис. 2-5). Отрицательное сопротивление сохраняется вплоть до очень

¹ Иногда дается величина коэффициента перекрытия по емкости k_c — отношение максимальной емкости к минимальной:

$$k_c = \frac{C_{\text{макс}}}{C_{\text{мин}}}.$$

больших частот — сотен и тысяч мегагерц. Наличие в характеристике туннельного диода участка с отрицательным сопротивлением позволяет использовать его в усилителях, генераторах синусоидальных и релаксационных колебаний, переключающих схемах.

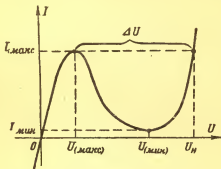


Рис. 2-5. Вольт-амперная характеристика туннельного диода.

Параметры, характеризующие туннельный диод, следующие:

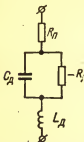
- I_{\max} — ток максимума — величина тока, соответствующая максимуму вольт-амперной характеристики;
- I_{\min} — ток минимума — величина тока, соответствующая минимуму вольт-амперной характеристики;
- $U_{(\max)}$ — напряжение максимума — напряжение на диоде при токе максимума;
- $U_{(\min)}$ — напряжение минимума — напряжение на диоде при токе минимума;
- U_n — наибольшее напряжение — напряжение на диоде при протекании тока, равного I_{\max} ($U_n > U_{(\min)}$) и соответствует второй восходящей диффузионной ветви характеристики);

R — отрицательное сопротивление—минимальное дифференциальное отрицательное сопротивление. Величина R сильно зависит от напряжения на диоде;

ΔU —максимальное напряжение переключения, снимаемое с диода:

$$\Delta U = (U_n - U_{(\max)}) .$$

Частотные свойства диода, работающего на малых уровнях сигналов, можно описать, используя параметры эквивалентной схемы (рис.2-6).



Здесь C_d — емкость диода при заданном напряжении смещения, L_d — суммарная индуктивность диода, R_n — суммарное сопротивление потерь в теле полупроводникового материала, контактах и выводах диода.

Частота f_{\max} — максимальная частота; при $f < f_{\max}$ активная составляющая полного сопротивления диода имеет отрицательный знак (возможно усиление и генерирование колебаний):

Рис. 2-6. Эквивалентная схема туннельного диода.

$$f_{\max} = \frac{1}{2\pi R C_d} \sqrt{\frac{R}{R_n} - 1} .$$

Быстродействие переключающих схем с туннельными диодами характеризуется величиной $\tau_{\text{пер}}$ — временем переключения из состояния с напряжением на диоде, меньшим $U_{(\max)}$, в состояние с напряжением, большим $U_{(\min)}$.

Величина $\tau_{\text{пер}}$ зависит как от свойств самого диода, так и параметров схемы. Время переключения тем меньше, чем меньше величина отношения C_d/I_{\max} .

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПАРАМЕТРЫ ТРАНЗИСТОРОВ

3-1. Классификационные параметры транзисторов

Так же как и полупроводниковые диоды (§ 2-1), транзисторы разделяются на типы (подтипы) по классификационным параметрам. Эти параметры особо выделяются в технических условиях или справочных листах на транзисторы.

Например, маломощные низкочастотные и среднечастотные транзисторы классифицируются по таким параметрам, как коэффициент усиления по току и предельная частота усиления или генерации. В отдельных случаях особо выделяют шумовые свойства транзисторов, характеризующиеся коэффициентом шума, или способность транзисторов работать при повышенных напряжениях на коллекторе.

Маломощные высокочастотные транзисторы классифицируются по статическому коэффициенту усиления тока в схеме с общим эмиттером и модулю коэффициента усиления тока на частоте 10—20 Мгц.

Мощные низкочастотные транзисторы классифицируются по максимально допустимому обратному напряжению между коллектором и базой и статическому коэффициенту усиления тока в схеме с общим эмиттером.

В отдельных случаях в качестве классификационных параметров в технических условиях или справочных листах указываются и другие параметры.

3-2. Вольт-амперные характеристики транзисторов

Чаще всего используются два семейства вольт-амперных характеристик транзисторов: входные и выходные. Входные характеристики дают зависимость входного тока (базы или эмиттера) от напряжения между базой и эмиттером при фиксированных значениях напряжения на коллекторе. Выходные характеристики дают зависимость тока коллектора от напряжения на коллекторе при фиксированных значениях тока базы или эмиттера (в зависимости от способа включения транзистора).

Входные характеристики (рис. 3-1, а и 3-2, а) имеют вид, аналогичный характеристикам диодов в прямом направлении: ток резко экспоненциально возрастает с увеличением напряжения.

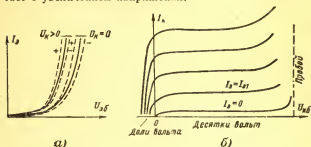


Рис. 3-1. Характеристики транзистора, включенного по схеме с общей базой.

а — входные; б — выходные.

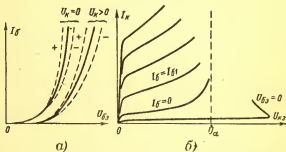


Рис. 3-2. Характеристики транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером.

а — входные; б — выходные.

При повышении и понижении температуры корпуса транзистора входные характеристики смещаются в сторону меньших и больших входных напряжений соответственно. У германиевых транзисторов напряжение

между базой и эмиттером уменьшается примерно на 2 мВ при увеличении температуры на каждый 1° С.

Особенностью выходных характеристик (рис. 3-1, б) транзистора, включенного по схеме с общей базой, является слабая зависимость тока коллектора от напряжения $U_{кб}$.

При больших напряжениях $U_{кб}$ происходит пробой коллекторного перехода. При увеличении температуры выходные характеристики смещаются в сторону больших токов из-за увеличения обратного тока $I_{кб}$.

Следует отметить, что значительный коллекторный ток протекает и при $U_{кб} = 0$.

У транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером, ток коллектора более сильно зависит от напряжения (рис. 3-2, б). Резкое возрастание тока коллектора начинается при меньшем коллекторном напряжении, чем в случае включения транзисторов по схеме с общей базой.

Резкий изгиб характеристик вверх происходит вблизи напряжения $U_{кэ} = U_{\alpha}$.

Если транзистор заперт (например, $U_{бэ} = 0$), то пробой начинается при напряжении $U_{кэ}$, существенно большем, чем U_{α} , и приближающемся к напряжению пробоя транзистора, включенного по схеме с общей базой.

При повышении температуры выходные характеристики значительно смещаются в сторону больших токов, их наклон сильно увеличивается.

Вольт-амперные характеристики транзисторов и диодов снимаются на постоянном токе по точкам или получаются с помощью специальных характеристикографов. Последний способ позволяет избежать сильного нагрева транзисторов и диодов при снятии характеристик.

Вольт-амперные характеристики транзисторов используются для расчета цепей смещения и стабилизации режима, расчета конечных состояний ключевых схем (режима отсечки, режима насыщения). По этим характеристикам можно производить также приближенный расчет усилителей низкой частоты.

3-3. Параметры постоянного тока

Параметры постоянного тока характеризуют величины неуправляемых токов через транзистор (связанных с обратными токами переходов). Эти параметры и их зависимость от температуры и приложенных напряжений используются для расчета режима транзистора по постоянному току и стабильности этого режима.

1. Обратный ток коллекторного перехода $I_{к0}$ — ток через переход коллектор — база при отключенном эмиттере и заданном напряжении на коллекторе.

2. Обратный ток эмиттерного перехода $I_{э0}$ — ток через переход эмиттер — база при отключенном коллекторе и заданном напряжении на эмиттере.

3. Начальный ток коллектора $I_{к.н}$ — ток в цепи коллектора при замкнутых эмиттере и базе и заданном напряжении на коллекторе.

В некоторых случаях указывается величина начального тока коллектора при включении между базой и эмиттером активного сопротивления заданной величины.

4. Ток коллектора запертого транзистора $I_{к.з}$ — ток коллектора при обратном смещенном эмиттерном переходе и заданных напряжениях на эмиттере и коллекторе.

3-4. Параметры малого сигнала

Параметры малого сигнала (измеряемые с помощью малого сигнала) характеризуют работу транзисторов в различных усилителях.

Параметры малого сигнала — это дифференциальные параметры. Переменные токи и напряжения на электродах транзисторов при измерениях этих параметров должны быть малыми по сравнению с постоянными токами и напряжениями, определяющими выбор начальной рабочей точки (начальное смещение). Сигнал считается малым, если при изменении переменного тока (или напряжения) в 2 раза величина измеряемого параметра остается неизменной в пределах точности измерений.

Так как транзисторы имеют резко выраженные нелинейные свойства, величины параметров малого сиг-

нала сильно зависят от выбора начального смещения (режима измерений). Так, например, величина параметра h_{11} может меняться обратно пропорционально величине постоянного тока эмиттера.

Параметры транзистора как линейного четырехполюсника. Эти параметры устанавливают связь между переменными напряжениями и токами на входе и выходе транзистора, представленного линейным четырехполюсником. Наиболее широко используется система h -параметров.

Уравнения четырехполюсника в этой системе имеют вид:

$$U_1 = h_{11} I_1 + h_{12} U_2;$$

$$I_2 = h_{21} I_1 + h_{22} U_2,$$

где U_1 , I_1 и U_2 , I_2 — напряжения и токи на входе и выходе соответственно.

Если осуществить режим короткого замыкания по переменному току на выходе ($U_2 = 0$) или холостого хода на входе ($I_1 = 0$), то можно прийти к следующим определениям h -параметров.

Входное сопротивление h_{11} — отношение напряжения на входе к вызванному им изменению входного тока (при $U_2 = 0$).

Коэффициент обратной связи по напряжению h_{12} — отношение изменения напряжения на входе к вызвавшему его приращению напряжения на выходе (при $I_1 = 0$).

Выходная проводимость h_{22} — отношение изменения выходного тока к вызвавшему его изменению выходного напряжения при условии холостого хода по переменному току на входе.

Коэффициент усиления по току h_{21} — отношение изменения выходного тока к вызвавшему его приращению входного при условии короткого замыкания выходной цепи.

В зависимости от схемы включения к цифровым индексам добавляется буквенный, например:

$h_{21б}$ — коэффициент усиления по току в схеме с общей базой;

$h_{21э}$ — коэффициент усиления по току в схеме с общим эмиттером;

$h_{21к}$ — коэффициент усиления по току в схеме с общим коллектором.

Применяются и другие символы для обозначения коэффициента усиления по току: для схемы включения транзистора с общей базой — α и с общим эмиттером — β .

Соотношения между коэффициентами усиления по току:

$$\alpha = -h_{21б};$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha} = \frac{-h_{21б}}{1 + h_{21б}}.$$

Величины h -параметров измеряются, как правило, на низкой частоте (50—1 000 гц) и используются при расчетах низкочастотных усилителей.

На высокой частоте коэффициенты усиления по току h_{21} , α и β становятся комплексными величинами (так же как и другие h -параметры), что означает появление фазового сдвига между токами и напряжениями на входе и выходе.

Усилительные свойства транзисторов на высокой частоте характеризуются величиной модуля коэффициента усиления по току $|h_{21}|$, $|\alpha|$ или $|\beta|$.

В этом случае

$$|h_{21}| = |\alpha|;$$

$$\beta = \frac{|\alpha|}{|1 - \alpha|} = \frac{|h_{21}|}{|1 + h_{21}|},$$

Предельная частота усиления тока f_α — частота, на которой величина $|\alpha|$ уменьшается на 3 дб по сравнению с величиной α , измеренной на низкой частоте.

Если частота f_α велика (свыше 20÷30 Мгц), непосредственные измерения $|\alpha|$ на ней затруднительны.

В этом случае можно пользоваться соотношением

$$f_\alpha = m |\beta| f,$$

где f — частота, на которой производится измерение величины модуля $|\beta|$;

$m = 1,2$ для бездрейфовых транзисторов;

$m = 1,6$ для большинства дрейфовых.

(Обычные сплавные транзисторы — бездрейфовые, изготовленные способом диффузии — дрейфовые.)

Емкость коллекторного перехода C_k — емкость, измеренная между коллекторным и базовым выводами транзистора при отключением эмиттере и обратном смещении на коллекторе.

Емкость эмиттерного перехода C_e — емкость, измеренная между выводами эмиттера и базы при отключением коллекторе и обратном смещении на эмиттере.

Величина емкости C_k и C_e зависит от приложенного напряжения. Если указана величина C_k при напряжении U_1 , то емкость $C_k(U)$ при другом напряжении U можно найти из приближенных соотношений

$$C_k(U) = C_k(U_1) \left(\frac{U_1}{U} \right)^{1/2} \quad (1)$$

для транзисторов с резкими переходами (сплавных) или

$$C_k(U) = C_k(U_1) \left(\frac{U_1}{U} \right)^{1/3} \quad (2)$$

для переходов, изготовленных методом диффузии примесей.

Формулы (1) и (2) можно использовать при напряжениях U_1 и U выше 1—2 в. Они неприменимы к эмиттерным переходам транзисторов, изготовленных методом диффузии, у которых пробивные напряжения малы (0,5—3 в).

Постоянная времени цепи обратной связи на высокой частоте $r'_b C_k$ — произведение омического сопротивления базы на емкость коллектора.

Максимальная частота генерации $f_{\text{макс}}$ — наибольшая частота автоколебаний в генераторе на транзисторе. С достаточной точностью можно считать, что $f_{\text{макс}}$ — частота, на которой коэффициент усиления транзистора по мощности равен единице.

Частота $f_{\text{макс}}$ связана с другими параметрами малого сигнала соотношением

$$f_{\text{макс}} \approx \sqrt{\frac{f_\alpha}{30 r'_b C_k}}.$$

Коэффициент шума $F_{\text{ш}}$ — отношение полной мощности шумов на выходе транзистора к части мощности,

вызываемой тепловыми шумами сопротивления источника сигнала.

Коэффициент шума выражается в децибелах. Его величина дается для определенного частотного диапазона. Величина $F_{ш}$ зависит от частоты измерения. Для большинства транзисторов минимальные шумы достигаются при работе на частотах 1 000—4 000 гц.

На высоких и низких частотах шумы увеличиваются.

Обычно минимальная величина $F_{ш}$ соответствует малым токам коллектора (0,1—0,5 ма) и малым коллекторным напряжениям (0,5—1,5 в).

Шумы резко увеличиваются при повышении температуры.

Приводимые в справочных данных величины $F_{ш}$ относятся к оптимальному внутреннему сопротивлению источника сигнала и режиму работы, которые и следует использовать при расчете усилителей с малыми шумами.

3-5. Параметры большого сигнала

Параметры большого сигнала характеризуют работу в режимах, при которых токи и напряжения между выводами транзистора меняются в широких пределах. Эти параметры необходимы для расчета ключевых схем, предоконечных и оконечных усилителей низкой и высокой частоты, автогенераторов.

Статический коэффициент усиления по току $B_{ст}$:

$$B_{ст} = \frac{I_k - I_{к0}}{I_6 + I_{к0}}.$$

Обычно величина $B_{ст}$ измеряется в режимах, при которых $I_{к0} \ll I_k$ и $I_{к0} \ll I_6$, и, следовательно,

$$B_{ст} = \frac{I_k}{I_6}.$$

Статическая крутизна прямой передачи $S_{ст}$ — отношение постоянного тока коллектора к постоянному напряжению на входе транзистора.

Для схемы с общей базой

$$S_{ст} = \frac{I_k}{U_3},$$

с общим эмиттером

$$S_{ст} = \frac{I_K}{U_6}.$$

Здесь $U_э$ и U_6 — напряжения на эмиттере и базе соответственно.

Параметр $S_{ст}$ используется для транзисторов средней и большой мощности, работающих в схемах,

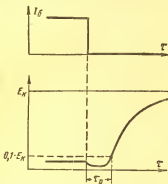


Рис. 3-3. К определению параметра «время расслаивания».

где источник входного сигнала имеет малое внутреннее сопротивление.

Напряжение между коллектором и эмиттером транзистора в режиме насыщения $U_{к.н.}$ Напряжение $U_{к.н.}$ измеряется при определенной величине коллекторного и базового токов или определенной глубине насыщения. Глубина насыщения K_n — отношение прямого тока базы к величине тока, при котором транзистор находится на границе насыщения. На границе насыщения напряжение между коллектором и базой равно нулю.

Напряжение между базой и эмиттером транзистора в режиме насыщения $U_{б.н.}$ Напряжение $U_{б.н.}$ измеряется при тех же условиях, что и напряжение $U_{к.н.}$

Время рассасывания τ_r — интервал времени между моментом подачи на базу транзистора запирающего импульса и моментом, когда напряжение на коллекторе достигает уровня $(0,1-0,3) E_K$ (рис. 3-3). (E_K — напряжение питания коллекторной цепи.)

Величина времени рассасывания зависит от глубины насыщения транзистора и измеряется при определенной величине коллекторного и базового токов.

Напряжение между коллектором и эмиттером U_a , при котором коэффициент передачи по току α становится равным единице (соответственно β обращается в бесконечность).

При напряжениях коллектор — эмиттер, близких к U_a , ток коллектора сильно растет при небольшом увеличении напряжения. Выходная вольт-амперная характеристика при напряжении, близком к U_a , «загибается» резко вверх.

3-6. Основные параметры предельных режимов работы транзисторов

Максимальная мощность, рассеиваемая прибором, $P_{\text{макс}}$. Так как в транзисторах подавляющая часть рассеиваемой мощности выделяется в области коллекторного перехода, то $P_{\text{макс}} \approx P_{K, \text{макс}}$ — максимальная мощность, рассеиваемая на коллекторном переходе.

Максимальный ток коллектора $I_{K, \text{макс}}$.

Максимальное обратное напряжение между коллектором и базой транзистора $U_{КБ, \text{макс}}$. Этот параметр используется обычно для расчета режима работы закрытого транзистора или при включении его по схеме с общей базой и генератором тока в цепи эмиттера.

Максимальное обратное напряжение на переходе эмиттер — база $U_{ЭБ, \text{макс}}$. Этот параметр используется для расчета режима работы, когда на входе действует запирающее напряжение (усилители в режиме В, различные импульсные схемы).

У сплавных транзисторов напряжение $U_{ЭБ, \text{макс}}$ обычно мало отличается от $U_{КБ, \text{макс}}$, у диффузионных величина $U_{ЭБ, \text{макс}}$ может быть от долей вольта до нескольких вольт.

Максимальное напряжение между коллектором и эмиттером транзистора $U_{кэ, макс}$ при условии короткого замыкания эмиттера с базой. В ряде случаев приводится величина $U_{кэ, макс}$ при условии включения между базой и эмиттером небольшого активного сопротивления $R_{эб}$.

Параметр $U_{кэ, макс}$ используется при расчетах режима работы транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером и при отсутствии запирающего напряжения, или когда оно мало, например менее 1 в.

Величины параметров $U_{кб, макс}$, $U_{кэ, макс}$, $U_{эб, макс}$ даются для определенной температуры перехода или диапазона температуры окружающей среды, при повышении температуры эти напряжения снижаются.

Максимальные значения токов, напряжений и мощности определяют границы области гарантированной надежности работы. Так как работа в предельном режиме соответствует самой низкой надежности, то использование предельных режимов в схемах, от которых требуется высокая надежность, не допускается.

Конструктор должен выбирать такие величины напряжения, тока, мощности и температуры, при которых любые случайные выбросы тока или напряжения в схеме не превысят предельных значений.

Практика показывает, что при использовании полупроводниковых приборов в облегченных режимах надежность их работы повышается в десятки раз по сравнению с надежностью в предельном режиме.

Использование полупроводниковых приборов в совмещенных предельных режимах (например, по току и рассеиваемой мощности) не допускается во всех случаях применения.

3-7. Тепловые параметры диодов и транзисторов и способы отвода тепла

Тепловые параметры полупроводниковых приборов характеризуют устойчивость их при работе в широком диапазоне температур и дают связь между рассеиваемой электрической мощностью и температурой различных областей приборов.

Максимальная (предельная) температура. Для транзисторов задается максимальная температура области коллекторного перехода $t_{п. макс.}$ так как там происходит выделение подавляющей части рассеиваемой электрической мощности.

Для днодов задается максимальная температура корпуса $t_{к. макс.}$ при оговоренных величинах выпрямленных токов и обратных напряжений, так как переход днода почти всегда имеет хороший тепловой контакт с корпусом.

Минимальная температура $t_{с. мин.}$ окружающей полупроводниковые приборы среды.

Величины температуры устанавливаются на основе расчетов и обработки результатов длительных испытаний приборов при различных рабочих температурах и электрических нагрузках.

Тепловое сопротивление. Связь электрической мощности P , температуры области перехода $t_{п}$ и температуры корпуса прибора $t_{к}$ дается формулой

$$t_{п} = t_{к} + PR_{т. п-к} \quad (1)$$

Величина $R_{т. п-к}$ — тепловое сопротивление участка переход — корпус транзистора или днода (измеряется в единицах градус на ватт или градус на милливатт).

Тепловое сопротивление переход — корпус дается обычно лишь для транзисторов и днодов средней и большой мощности, используемых с внешними теплоотводами. Для транзисторов малой и средней мощности (а также транзисторов большой мощности без теплоотводов) дается $R_{т. п-с}$ — тепловое сопротивление переход — окружающая среда (воздух при нормальных условиях).

В этих случаях температура перехода определяется по формуле

$$t_{п} = t_{с} + PR_{т. п-с} \quad (2)$$

$t_{с}$ — температура окружающей среды.

Формулы (1) и (2) пригодны лишь для расчета *средней* температуры перехода или температуры в ре-

жине постоянной во времени, выделяемой на переходе мощности. При работе транзисторов и диодов в режиме мощных импульсных нагрузок *мгновенная* температура перехода может значительно превышать среднее значение. Поэтому необходимо устанавливать такой режим работы, при котором мгновенное значение температуры не превышало бы допустимого.

Высокие значения мгновенной температуры получаются при работе с очень короткими импульсами или импульсами с крутыми фронтами. При работе с очень короткими мощными импульсами прибор перегревается и может выйти из строя. Именно поэтому необходимо строго соблюдать содержащиеся в справочных данных ограничения длительности импульсов.

Отвод от полупроводниковых приборов выделяющегося в них тепла является одной из главных задач при конструировании аппаратуры.

Отвод тепла от мощных приборов может осуществляться разными способами: поглощением тепла массивным корпусом аппаратуры, охлаждением с помощью специальных жидких или газообразных теплоносителей и с помощью радиаторов, осуществляющих теплообмен с окружающей средой — обычно воздухом при нормальном давлении.

Так как конструктивные требования к радиатору в значительной степени определяются компоновкой элементов в аппаратуре, конструкция его выбирается и рассчитывается в каждом конкретном случае. Во всех случаях радиатор должен рассчитываться таким образом, чтобы его тепловое сопротивление обеспечивало нормальную теплопередачу от корпуса транзистора к окружающей среде, а температура перехода (или корпуса) прибора не превышала максимально допустимую по техническим условиям или справочным данным.

Наиболее часто используются радиаторы в виде пластины (пластинчатые), односторонние ребристые (рис. 3-4) и двусторонние ребристые (рис. 3-5). В табл. 3-1 и 3-2 приведены размеры радиаторов для нескольких типов транзисторов и разных мощностей рассеяния. Эти радиаторы рассчитаны для работы при температуре окружающей среды до $+60^{\circ}\text{C}$. Транзисторы крепятся к радиаторам непосредственно, так чтобы между при-

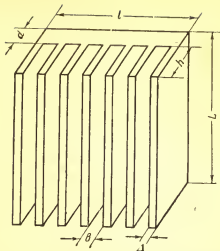


Рис. 3-4. Односторонний ребристый радиатор.

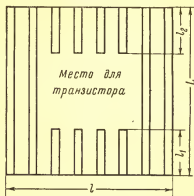


Рис. 3-5. Двусторонний ребристый радиатор.

Таблица 3-1

Тип транзистора	P , ат	Размеры пластины радиатора $l \times l \times d$, мм	Тип транзистора	P , ат	Размеры пластины радиатора $l \times l \times d$, мм
П302	5	90×90×4	П201, П4	2	40×40×4
П302	5,4	100×100×4	П4	1	50×50×3
П601	1	50×50×3	П4	2	65×65×3
П601	2	75×75×3	П4	3	90×90×3
П601	3	100×100×3	П209	5	110×110×3
П601	4	75×75×4			

Таблица 3-2

Тип радиатора	Тип транзистора	Р, ат	Размеры радиатора, мм							
			$l \times L$	h	d	n	b	Δ	n_L	$n_{l_1+l_2}$
Односторонний	П4 П201, П4 П201, П4 П210 П210	5,5	100×100	20	4	9	10	2	—	—
		4	60×60	12	4	7	7	2,5	—	—
		8	80×80	20	5	9	7	2,5	—	—
		10	120×120	25	5	11	9	3	—	—
Двусторонний		9	120×120	27	4	—	10	3	12	3

бором и радиатором был надежный тепловой контакт. Особенно следует обращать на это внимание, когда между корпусом прибора и радиатором приходится помещать изолирующую прокладку. Поверхность радиатора, контактирующая с транзистором, не должна иметь раковин, заусениц, царапин, выбоин и грязи.

Транзистор должен крепиться к радиатору с использованием всех предусмотренных средств (болты, фланцы, резьбовые отверстия). Сверление в радиаторе отверстия, общего для всех выводов прибора, не допускается. Отверстия надо сверлить под каждый вывод отдельно и минимально возможного диаметра. Следует помнить, что область максимального разогрева находится чаще всего между выводами прибора. Общее для всех выводов отверстие ухудшает условия теплопередачи.

Отвод тепла улучшается при вертикальном расположении радиатора.

Для уменьшения общего теплового сопротивления всегда лучше изолировать радиатор от корпуса аппаратуры, чем транзистор от радиатора.

Тепловое сопротивление черных радиаторов (например, анодированный алюминий) примерно на 10% меньше, чем у неокрашенных.

Для транзисторов, рассеивающих мощность свыше 20 *вт*, применять радиаторы в условиях естественной конвекции нецелесообразно: в этих случаях необходимо принудительное охлаждение.

3-8. Климатическая и механическая устойчивость диодов и транзисторов

Технические условия на полупроводниковые приборы гарантируют работу диодов и транзисторов при: температуре окружающей среды в пределах от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$ для германиевых приборов и от -60 до $+120^{\circ}\text{C}$ — для кремниевых приборов;

относительной влажности 98% при температуре $+40^{\circ}\text{C}$;

многократных циклических изменениях температуры от -60°C до предельной температуры переходов оговариваемой в технических условиях на диоды и транзисторы;

давлении окружающего воздуха в пределах от 5 мм рт. ст. до 3 ат во всем допускаемом техническими условиями рабочем интервале температур.

Диоды и транзисторы имеют достаточную механическую прочность и сохраняют конструкцию и электрические параметры при воздействии на них вибрационных нагрузок в диапазоне частот от 5 до 2 000 гц с ускорением до 15 g, многократных ударов ускорением до 150 g и одиночных ударов с ускорением 500 g.

Следует иметь в виду, что указанные выше величины, определяющие климатическую и механическую устойчивость полупроводниковых приборов, являются наиболее типичными. Для отдельных типов диодов и транзисторов эти величины могут быть другими, что оговаривается в приводимых для них справочных данных.

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ ДИОДОВ И ТРАНЗИСТОРОВ

4-1. Общие замечания

Приводимые ниже методы измерения можно использовать при проверке параметров диодов и транзисторов на соответствие требованиям технических условий, а также для получения данных, необходимых при расчете схем.

Полярность источников питания и измерительных приборов, указанная на принципиальных схемах, относится к транзисторам типа *p-n-p*. Для транзисторов типа *n-p-n* полярность включения источников питания и измерительных приборов должна быть обратной.

При измерении параметров нельзя припаивать выводы диодов и транзисторов или обрезать их.

Панели, служащие для присоединения выводов к элементам схемы, должны иметь конструкцию, которая исключала бы необходимость изгиба выводов, особенно вблизи стеклянных изоляторов.

Температура окружающей среды при измерениях должна соответствовать указанной в технических условиях или справочных данных на диод или транзистор.

Следует иметь в виду, что маломощные диоды и транзисторы успевают заметно нагреваться от пальцев рук оператора за время извлечения их из упаковки и установки в измерительную аппаратуру. Следствием такого нагрева может быть нестабильность (уменьшение обратного тока и коэффициента усиления по току, наблюдаемые в течение 10—20 сек после включения измерительной установки).

При измерении обратных токов переходов *следует всегда подключать к схеме базовый вывод транзистора первым и отключать его в последнюю очередь*. При измерении параметров транзисторов средней и большой мощности последние должны подключаться к измерительной схеме при включенном источнике питания коллекторной цепи. *При отключении транзисторов от схемы сначала выключается коллекторная цепь*.

При измерениях параметров транзисторов следует применять источники постоянных напряжений и токов

(для задания начального смещения) с коэффициентами пульсаций не более 2% (если не будет указана другая величина).

Для контроля режима работы диодов и транзисторов по постоянному току и измерений постоянных напряжений и токов следует использовать приборы класса точности не хуже 1,5. Класс точности измерительных приборов переменного тока должен быть не хуже 2,5.

В качестве образцовых сопротивлений при измерениях малых переменных токов рекомендуется использовать сопротивления типа УЛИ.

Отсчет измеряемых параметров производится сразу же после включения напряжений или токов или через специально указанное время (обычно несколько секунд), причем сначала надо измерять обратные токи, а затем остальные параметры.

При измерении некоторых параметров измерительные приборы могут подвергаться значительным перегрузкам (например, короткие замыкания перехода при контроле $I_{к0}$). Для защиты приборов от перегрузок в схемах предусмотрены блоки защиты БЗ. Устройство простейшего блока защиты вольтметра постоянного тока показано на схеме (рис. 4-1). Параллельно прибору включен опорный диод (или несколько последовательно соединенных диодов) с напряжением стабилизации, немного превышающим максимальное напряжение, измеряемое вольтметром. Последовательно включено сопротивление R для ограничения тока через опорный диод. Ток через опорный диод не должен превышать величины тока, потребляемого вольтметром. Величина сопротивления R должна быть в 100 раз меньше внутреннего сопротивления вольтметра.

Для защиты прибора, измеряющего постоянный ток, можно включить параллельно ему опорный диод в прямом направлении. Ток через диод должен составлять не более 0,01 от величины тока, протекающего через измерительный прибор.

В приводимых ниже измерительных схемах при-

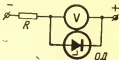


Рис. 4-1. Схема блока защиты вольтметра от перенапряжений. ОД — опорный диод.

меняются следующие обозначения приборов и измерительных генераторов.

Типы приборов выбираются в зависимости от необходимого частотного диапазона:

ИН — измеритель напряжения (стрелочные вольтметры с большим внутренним сопротивлением или электростатические);

ИТ — измеритель тока (стрелочные микро- или миллиамперметры);

ГПТ — генератор постоянного тока в схеме измерения параметров туннельного диода;

ГТ — генератор тока (любой источник постоянного тока, включая и выпрямитель с пульсацией не более 1—2%);

ГН — генератор напряжения;

ГВЧ — генератор токов высокой частоты (ГЗ-4А, Г4-1А, ГЗ-19, Г4-1);

ГЗ — генератор звуковой (низкой) частоты (ГЗ-2);

ЭВ — электронный вольтметр (ВЗ-4, ВЗ-2А, В6-1, В6-2);

ПВ — пиковый вольтметр;

ГИТ — генератор импульсного тока (см. генераторы для ГИ);

ГИ — генератор импульсов (Г5-11, Г5-9, Г5-3А, МГИ-2, ГИС-2, ГИП-2М);

ИО — импульсный осциллограф (С1-10, СО-1, С1-7, ЭО-58, С1-8);

Q-метр — измеритель добротности (КВ-1, УК-1).

4-2. Измерение основных параметров диодов

1. Измерение постоянного прямого напряжения $U_{пр}$ (рис. 4-2)

От генератора регулируемого постоянного тока через диод в прямом направлении пропускается ток $I_{пр}$. Падение напряжения на диоде измеряется вольтметром (с блоком защиты). Ток, протекающий через вольтметр, должен быть не более 3% от величины тока через диод.

В качестве генератора тока может быть использован любой источник постоянного тока с величиной пульсаций не более 1% и большим внутренним сопротивлением R . При этом

$$R \approx 100 \frac{U_{пр. макс}}{I_{пр}}.$$

При измерениях на больших токах могут вноситься ошибки вследствие падения напряжения на подводящих проводах и контактных зажимах, поэтому цепь тока смещения и измерительная цепь должны быть разделены



Рис. 4-2. Схема измерения постоянного прямого напряжения на диоде.

(как это показано на рис. 4-2). Величину поправки на падение напряжения в контактных зажимах можно найти, вставив вместо диода короткозамыкающую перемычку.

2. Измерение постоянного обратного напряжения $U_{обр}$ (рис. 4-3)

От генератора регулируемого постоянного тока через диод пропускается ток $I_{обр}$ в обратном направлении. Напряжение на диоде измеряется вольтметром с большим внутренним сопротивлением (или электростатическим вольтметром). Внутреннее сопротивление генератора тока R должно быть не менее $20 \frac{U_{обр\max}}{I_{обр}}$.



Рис. 4-3. Схема измерения постоянного обратного напряжения диода (опорного диода).

Так как при измерении $U_{обр}$ на диоде может рассеиваться значительная мощность (при больших $I_{обр}$), не рекомендуется производить измерения при величине тока $I_{обр}$ выше указанной в технических условиях или справочных данных на диод.

3. Измерение обратного тока $I_{обр}$ (рис. 4-4)

От источника регулируемого постоянного напряжения на диод подается обратное напряжение $U_{обр}$. Величина $I_{обр}$ измеряется с помощью микроамперметра, защищенного от перегрузок.

Внутреннее сопротивление генератора напряжения R должно быть:

$$R \approx 0,01 \frac{U_{обр}}{I_{обр. макс}}$$

Измерение $I_{обр}$ следует производить при величине $U_{обр}$, не превышающей указанную в технических условиях или справочных данных на диод.

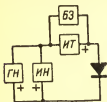


Рис. 4-4. Схема измерения обратного тока диода.

4. Измерение напряжения стабилизации $U_{ст}$ опорного диода (рис. 4-3)

От генератора регулируемого постоянного тока через опорный диод пропускается ток $I_{ст}$. Напряжение на диоде измеряется вольтметром (при больших напряжениях возможно применение электростатического вольтметра).

Внутреннее сопротивление генератора тока R должно быть:

$$R \approx 10 \frac{U_{ст}}{I_{ст}}$$

Точность задания величины тока через диод должна быть не хуже 5% (необходимо учитывать при этом и потребление тока вольтметром).

5. Измерение дифференциального сопротивления диодов R_d и опорных диодов (рис. 4-5)

Через диод пропускаются одновременно постоянный ток смещения I_0 и переменный ток с амплитудой I_1 (при условии $I_1 = 0,02 I_0$)

Вольтметр с избирательным усилителем подключается к диоду или калибровочному сопротивлению.

Переменное напряжение на диоде, измеряемое вольтметром, $U_d = I_1 R_d$. Падение напряжения на калибровочном сопротивлении равно: $U_k = I_1 R_k$.

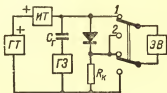


Рис. 4-5. Схема измерения дифференциального сопротивления диодов.

отсюда

$$\frac{U_d}{U_k} = \frac{R_d}{R_k};$$

$$R_d = \frac{U_d}{U_k} R_k.$$

Таким образом, точность измерения R_d зависит от точности и стабильности сопротивления R_k . Сопротивление R_k должно быть измерено с точностью 0,5% на рабочей частоте и иметь ТКС не более 10^{-4} . Величина R_k выбирается так, чтобы

$$R_k \approx R_{d, \text{ макс.}}$$

$R_{d, \text{ макс}}$ — максимальная величина дифференциального сопротивления измеряемых диодов.

Точность задаваемого тока стабилизации не хуже 2%. Коэффициент пульсаций постоянного тока не более 0,1%.

В качестве источника переменного тока можно использовать любой генератор напряжения звуковых час-

тот (50—2 000 гц). Емкость конденсатора C_r в микрофарадах выбирается из условия

$$C_r \approx \frac{800}{f R_d}.$$

Избирательный усилитель вольтметра должен иметь входное сопротивление более $200 R_{d, \text{ макс}}$ и полюсу пропускания $0,1f$ на уровне 0,7.

6. Измерение среднего значения обратного тока $I_{\text{обр. ср}}$ и среднего значения прямого напряжения $U_{\text{ср. пр}}$ (рис. 4-6)

Измерение производится в схеме выпрямителя на частоте 50 гц. С помощью регулировочного автотранс-

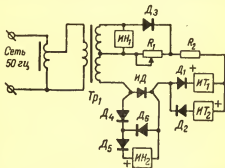


Рис. 4-6. Схема измерения средних значений обратного тока и прямого напряжения диодов.

форматора на каждой из двух одинаковых половин вторичной обмотки трансформатора Tr_1 устанавливается напряжение

$$U_{\text{действ}} = \frac{U_{\text{обр. макс}}}{1,42},$$

которое измеряется вольтметром $ИН_1$.

Изменяя величину сопротивления нагрузки R_1 , устанавливают необходимую величину среднего прямого тока $I_{\text{пр. ср}}$ (измеряемого прибором ИТ₁).

Среднее значение обратного тока измеряется прибором ИТ₂. Диоды D_1 и D_2 служат для разделения прямой и обратной полуволн тока. Диоды D_4 — D_6 совместно с вольтметром постоянного напряжения ИИ₂ образуют измеритель среднего значения прямого напряжения на диоде $U_{\text{пр. ср}}$. Для того чтобы устранить постоянное подмагничивание сердечника трансформатора, выпрямитель сделан двухполупериодным. Во втором плече работает диод D_3 .

Диоды D_1 — D_4 должны выдерживать напряжение $U_{\text{обр}} = 2U_{\text{обр. макс}}$. Обратный ток диода D_2 должен быть не более $0,1 I_{\text{обр. ср}}$.

Сопротивление R_2 ограничивает ток при случайных замыканиях измерительной цепи, его величина около $0,1 R_1$.

На схеме условно показано разделение цепей тока и измерения для того, чтобы исключить падение напряжения на проводниках и контактах.

Следует иметь в виду, что применяемый в схеме однополярный измеритель среднего напряжения имеет резко нелинейную шкалу. Градуировка измерителя может быть произведена по известному падению напряжения на образцовом сопротивлении, включаемом последовательно с диодом.

7. Измерение емкости диодов, а также емкости эмиттерного и коллекторного переходов транзисторов (рис. 4-7)

Емкость испытуемого диода и сопротивление R_3 образуют делитель напряжения, подаваемого от генератора синусоидальных колебаний с частотой f . Напряжение на R_3 измеряется электронным вольтметром с избирательным усилителем.

Применяется сравнительный метод измерений. Переключателем $П_1$ вместо диода в схему включается конденсатор $C_{\text{кзл}}$ с известной емкостью, и отмечаются показания вольтметра, соответствующие этой величине

(необходимо учесть при этом паразитные емкости измерительной схемы).

Используя несколько образцовых калибровочных конденсаторов (емкость которых измерена с точностью не хуже 1% и ТКЕ не более $1,5 \cdot 10^{-4}$), градуируют шкалу вольтметра в величинах емкости.

После этого в схему включается испытуемый диод, постоянное смещение на котором контролируется вольтметром ИИ. Величина емкости диода определяется по градуированной (в единицах емкости) шкале вольтметра.

Элементы схемы выбираются на основании следующих условий:

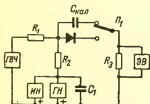


Рис. 4-7. Схема измерения емкости диодов при обратном напряжении смещения.

$$R_2 + R_3 \leq \frac{1}{50 f C_d} ;$$

$$R_3 \leq \frac{1}{50 f C_{вх}} ,$$

где $C_{вх}$ — входная емкость избирательного усилителя;

$$f > \frac{2}{R_d C_{д. мин}} ,$$

где R_d — дифференциальное сопротивление диода при заданном смещении;

$C_{д. мин}$ — минимальная величина емкости измеряемых диодов;

$$C_1 > 100 C_{д. макс} .$$

Действующее значение переменного напряжения на диоде — не более 2% от напряжения смещения. Полоса пропускания избирательного усилителя вольтметра не более $0,1 f$ на уровне 0,7.

При измерениях на частотах свыше 100 кГц сопротивления R_2 , R_3 и емкость $C_{кал}$ должны подключаться непосредственно к выводам диода.

Для измерений на частотах ниже 200 кГц рекомендуется применение генератора ГЗ-4А, на частотах 0,1—20 МГц — Г4-1А, свыше 30 МГц — ГЗ-19.

Суммарная величина последовательно включенных сопротивлений R_1 и R_2 должна соответствовать оптимальной нагрузке генератора.

8. Измерение выпрямленного тока в заданном диапазоне частот (рис. 4-8)

Испытуемый диод включен в схему однополупериодного выпрямителя. На него подается синусоидальное напряжение, которое контролируется прибором ЭВ и поддерживается постоянным во всем диапазоне частот.

Величина выпрямленного тока измеряется миллиамперметром.

Сначала частоту генератора устанавливают равной нижней границе рабочего диапазона, а величину выпрямленного тока принимают за 100%. Затем измеряют выпрямленный ток при различных частотах диапазона, указанного для испытуемого диода, выражая эти величины в процентах от первоначального измерения. Величина выпрямленного тока в рабочем диапазоне частот должна быть не менее 70% от величины тока на нижней частоте диапазона.

Указанный метод используется при напряжении, подводимом к диоду, не более 2 в на всех частотах и сопротивлении нагрузки не менее 1 ком.

При измерениях на частотах выше 100 кГц вольтметр к диоду должны подключаться непосредственно к сопротивлению R_1 , а конденсатор C — к выводу диода.

Величина емкости C выбирается из условия

$$C > \frac{5}{f_{\text{мин}} R_{\text{н}}}.$$

$f_{\text{мин}}$ — минимальная частота измерений:

$R_{\text{н}}$ — сопротивление нагрузки диода, $R_{\text{н}} = R_2 + R_{\text{вн}}$;

$R_{\text{вн}}$ — внутреннее сопротивление измерителя тока.

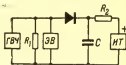


Рис. 4-8. Измерение выпрямленного тока в диапазоне частот.

Измерительные генераторы те же, что и в предыдущей схеме. Напряжение можно измерять вольтметром ВЗ-4.

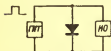
9. Измерение максимального импульсного прямого напряжения $U_{\text{пр. имп. макс}}$, максимального импульсного сопротивления $R_{\text{имп. макс}}$ и времени установления прямого сопротивления диода $\tau_{\text{уст}}$

(рис. 4-9)

На испытуемый диод от генератора ГИТ подается импульс тока известной величины. С помощью осциллографа ИО измеряются:

а) максимальное напряжение на диоде $U_{\text{пр. имп. макс}}$,

зная которое вычисляется максимальное импульсное сопротивление



$$R_{\text{имп. макс}} = \frac{U_{\text{пр. имп. макс}}}{I_{\text{имп}}}$$

Рис. 4-9. Схема измерения времени установления прямого сопротивления диода.

где $I_{\text{имп}}$ — величина импульса прямого тока;

б) время от начала импульса прямого тока до момента, когда напряжение на диоде уменьшится до величины, равной 1,2 установившегося значения.

Это время считается временем установления прямого сопротивления $\tau_{\text{уст}}$.

При измерениях величина тока через диод за время импульса не должна меняться более чем на $\pm 10\%$ от установленной. Точность установки тока не хуже 10%.

Частота повторения импульсов должна быть не более $\frac{10^{-3}}{\tau_{\text{уст}}}$. Длительность импульсов от генератора не менее $3\tau_{\text{уст}}$.

Параметры импульсов тока, с которыми производятся измерения, указываются в технических условиях и справочных данных на диод.

Величину импульса тока рекомендуется выбирать из следующего ряда (ток в миллиамперах):

0,3; 1; 3; 10; 30; 50; 100; 300; 1 000; 2 000; 3 000.

Длительность фронта импульса тока для испытания диодов с $\tau_{уст}$ от 5 до 30 нсек должна быть 2—3 нсек, для диодов с $\tau_{уст} = 30 - 150$ нсек $\tau_{ф} = 15 - 20$ нсек и для диодов с $\tau_{уст}$ более 150 нсек $\tau_{ф} = 80 - 100$ нсек.

10. Измерение времени восстановления обратного сопротивления диодов (рис. 4-10).

На испытуемый диод подаются прямой ток $I_{пр}$ (или импульс прямого тока $I_{имп}$) и импульс обратного напряжения $U_{обр. имп}$, запирающего диод. Затем измеряется отрезок времени $\tau_{восст}$ между моментом, когда ток через диод равен нулю, и моментом, когда обратный ток диода уменьшится до заданного уровня отсчета ($I_{обр. отсч}$).

Измерение тока через диод следует производить с помощью импульсного осциллографа, напряжение на вход которого снимается с сопротивления нагрузки R_n .

Внутреннее сопротивление $R_{вн}$ генератора $ГИ$ должно быть меньше величины R_n , а длительность импульса обратного напряжения не менее $3\tau_{восст}$. Спад плоской части за время импульса не должен превышать 10%. Период следования импульсов не менее 1000 $\tau_{восст}$.

Произведение входной емкости осциллографа на величину R_n должно быть не более 0,2 $\tau_{восст}$.

Величина емкости C_r выбирается из условия

$$C_r \geq 10 \frac{\tau_{восст}}{R_{вн} + R_n}.$$

$$R_1 \approx 10 \frac{U_{пр. имп. макс}}{I_{имп}}.$$

Длительность фронта $\tau_{ф}$ импульса обратного напряжения в зависимости от величины $\tau_{восст}$ составляет:

для $\tau_{восст} = 5 - 30$ нсек $\tau_{ф} = 2 - 3$ нсек;

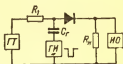


Рис. 4-10. Схема измерения времени восстановления обратного сопротивления диода.

для $\tau_{\text{восст}} = 30 - 150 \text{ нсек}$ $\tau_{\phi} = 15 - 20 \text{ нсек}$,

для $\tau_{\text{восст}} = \text{более } 150 \text{ нсек}$ $\tau_{\phi} = 80 - 100 \text{ нсек}$.

Рекомендуется применять следующие режимы переключения и уровни отсчета:

$I_{\text{пр}} - 0,3; 1; 3; 10; 50; 100; 300; 1000; 2000;$
 $3000 \text{ ма}; U_{\text{обр. имп}} - 10; 30; 50; 75; 100;$

$I_{\text{обр. отсч}} - 0,05; 0,1; 0,4; 1; 3; 10; 100 \text{ ма}$.

Величина суммарной нагрузки $R_{\text{вн}} + R_{\text{н}}$ выбирается соответственно равной 150, 300, 600 ом (см. выше).

Допустимая точность измерения величины $\tau_{\text{восст}}$ составляет $\pm 10\%$ для $\tau_{\text{восст}} > 0,1 \text{ мксек}$ и $\pm 20\%$ для $\tau_{\text{восст}} < 0,1 \text{ мксек}$.

11. Снятие статической вольт-амперной характеристики неуправляемых переключающих диодов и определение параметров

(рис. 4-11)

Ток через диод подается от источника регулируемого напряжения через большое сопротивление R (не менее $2 \frac{U_{\text{пер}}}{I_{\text{пер}}}$).

Измерения производятся в следующем порядке. Плавно увеличивая ток через диод, фиксируют такую его величину, при которой напряжение равно половине от $U_{\text{пер}}$. Эта величина тока принимается за ток утечки $I_{\text{ут}}$. Продолжая увеличение тока, фиксируют его величину, при которой напряжение на диоде становится максимальным. Эти величины и будут $I_{\text{пер}}$, $U_{\text{пер}}$.

При дальнейшем увеличении тока напряжение на диоде резко уменьшается. За величину остаточного напряжения на диоде $U_{\text{ост}}$ принимается напряжение при максимально допустимом прямом токе через диод.

Если теперь уменьшать ток от генератора, при некотором значении тока напряжение на диоде резко увеличивается. Величина тока через диод, при которой начинается увеличение напряжения, принимается за ток выключения $I_{\text{выкл}}$.

При измерении параметров вольт-амперной характеристики мощных диодов последние должны закрепляться на теплоотводах-радиаторах необходимой площади.

В качестве прибора *ИН* необходимо использовать вольтметр с внутренним сопротивлением не менее 5 000 ом/в.

Точность измерения указанных параметров должна быть не хуже 5%.

Описанная схема позволяет измерять также обратные ток и напряжение переключающего диода. Для

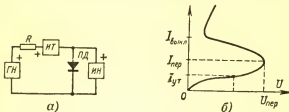


Рис. 4-11. Снятие вольт-амперной характеристики неуправляемого переключающего диода.

а — схема включения диода; *б* — вольт-амперная характеристика и параметры.

такого измерения полярность включения диода должна быть обратной.

12. Измерение времени включения $\tau_{вкл}$ и времени выключения $\tau_{выкл}$ неуправляемых переключающих диодов

(рис. 4-12)

От генератора *ГИ* на диод подаются импульсы напряжения с длительностью около 1 мксек, частотой повторения 1—10 кГц и амплитудой, равной напряжению переключения.

Напряжение с диода подается на импульсный осциллограф *ИО*. (Формы напряжения на входе и на диоде приведены на рис. 4-12, б.)

За время включения $\tau_{\text{вкл}}$ принимается отрезок времени между моментом подачи отпирающего импульса и моментом, когда напряжение на диоде упадет до

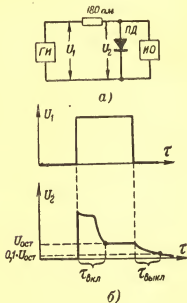


Рис. 4-12. Измерение времени включения и выключения неуправляемого переключающего диода.

а—схема измерения; б—кривые напряжений на входе и выходе диода.

установившегося значения $U_{\text{ост}}$. За время выключения принимается отрезок времени между моментом выключения отпирающего импульса и моментом, когда напряжение на диоде упадет до уровня, равного 0,1 от напряжения $U_{\text{ост}}$.

13. Измерение параметров туннельных диодов
и снятие вольт-амперной характеристики
(рис. 4-13)

Генератор регулируемого постоянного тока ГПТ с внутренним сопротивлением не менее $20 U_H/I_{\text{макс}}$ присоединяется через измеритель тока ИТ к испытуемому диоду. Падение напряжения на диоде измеряется прибором ИН с внутренним сопротивлением не менее $50 U_H/I_{\text{макс}}$ (U_H — наибольшее напряжение на диоде).

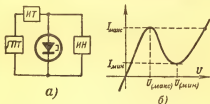


Рис. 4-13. Снятие вольт-амперной характеристики туннельных диодов.
а — схема измерения; б — вольт-амперная характеристика.

Ток через диод медленно увеличивают до тех пор, пока напряжение на нем не изменится скачком от величины $U_{(\text{макс})}$ до U_H . Регистрируемый прибором ИТ ток в момент скачка равен $I_{\text{макс}}$. В момент обратного скачка напряжения от $U_{(\text{мин})}$ при уменьшении тока регистрируется величина $I_{\text{мин}}$.

14. Измерение полной емкости диода, включающей
емкость перехода и патрона
(рис. 4-14)

При измерении постоянное напряжение на диоде от генератора регулируемого напряжения ГН устанавливается близким к $U_{(\text{мин})}$.

Контур из $LC_{\text{нзм}}$ настраивается в резонанс при максимально большой емкости $C_{\text{нзм}}$ (соответствующий отсчет будет C_1).

При подключении диода контур вновь настраивается в резонанс (отсчет C_2).

Емкость диода C_d равна:

$$C_d = C_1 - C_2.$$

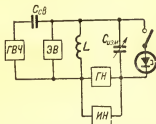


Рис. 4-14. Схема измерения емкости туннельных диодов.

Рекомендуется частота для измерений 10—25 МГц. Амплитуда высокочастотного напряжения на диоде и контуре должна быть не более нескольких милливольт.

4-3. Измерение основных параметров транзисторов

1. Измерение обратного тока коллектора $I_{к0}$ (или эмиттера $I_{э0}$) (рис. 4-15).

Цепь эмиттера (или коллектора) при этих измерениях разорвана.

От генератора напряжения ГН на коллектор (или эмиттер) транзистора подается обратное напряжение, величина которого указана в технических условиях или справочных данных транзистора. Величина тока $I_{к0}$ измеряется прибором ИТ (микроамперметр с блоком защиты), а напряжение прибором ИН (вольтметр с большим $R_{вн}$). Для защиты схемы от коротких замыканий служит

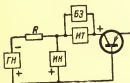


Рис. 4-15. Схема измерения обратного тока коллектора (эмиттера).

ограничивающее сопротивление R , величина которого выбирается из условия

$$R \approx 0,1 \frac{U_{обр}}{I_{к0} (I_{з0})},$$

где $U_{обр}$ — напряжение, при котором производится измерение.

2. Измерение тока коллектора запертого транзистора $I_{к,з}$ (рис. 4-16)

Сначала между базой и эмиттером испытуемого транзистора от генератора постоянного напряжения $ГН_1$ подается запирающее напряжение нужной величины. Затем от генератора постоянного напряжения $ГН_2$ на коллектор транзистора подается обратное напряжение. Величина тока измеряется микроамперметром с блоком защиты. В цепи коллектора включается ограничивающее сопротивление R , величина которого равна:

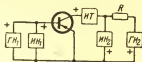


Рис. 4-16. Схема измерения тока коллектора запертого транзистора.

$$R \approx 0,1 \frac{U_{обр}}{I_{к,з}},$$

где $U_{обр}$ — напряжение коллектора, при котором производится измерение тока.

3. Измерение начального тока коллектора $I_{к,н}$ (рис. 4-17)

Между базой и эмиттером испытуемого транзистора включается сопротивление R_6 , величина которого указывается в технических условиях или справочных данных на транзистор. Для маломощных транзисторов величина R_6 обычно берется 500—1 000 ом, для мощных 0—2 ом.

От генератора постоянного напряжения $ГН$ на коллектор подается обратное напряжение необходимой величины, измеряемой вольтметром.

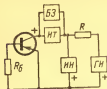


Рис. 4-17. Схема измерения начального тока коллектора транзистора.

Ток коллектора измеряется прибором $ИТ$ (микроамперметр с блоком защиты). Последовательно с генератором напряжения включено токоограничивающее сопротивление

$$R \approx 0,1 \frac{U_{обр}}{I_{к.н}}$$

$U_{обр}$ — напряжение, при котором производится измерение.

4. Измерение входного сопротивления h_{11} (рис. 4-18)

Измерения проводятся при коротком замыкании по переменному току на выходе на частотах 50—

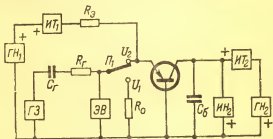


Рис. 4-18. Схема измерения входного сопротивления транзисторов.

1 000 $\mu\text{ц}$, транзистор включается по схеме с общей базой. Необходимый режим по постоянному току задается от генераторов напряжения $ГН_1$ и $ГН_2$ и контролируется вольтметром $ИИ_2$ и измерителями тока $ИТ_1$ и $ИТ_2$.

В цепь эмиттера испытуемого транзистора от генератора ГЗ подается переменный ток с частотой f (50—1 000 гц) через сопротивление R_r . Величина этого тока измеряется электронным вольтметром ЭВ по падению напряжения на известном образцовом сопротивлении R_0 (отсчет U_1). При переводе переключателя P_1 в положение 2 измеряется переменное напряжение между эмиттером и базой транзистора (отсчет U_2). Величина тока при переключении остается неизменной (сопротивление R_r велико), поэтому

$$h_{11} = \frac{U_{эб}}{I_э} = \frac{U_2}{U_1} R_0.$$

Элементы схемы выбираются в соответствии со следующими соотношениями:

$$R_0 \approx h_{11}; R_r > 100h_{11 \text{ (макс)}}; R_{ЭВ} > 100h_{11 \text{ (макс)}}$$

$$R_э > 100 h_{11 \text{ (макс)}}.$$

Здесь $h_{11 \text{ (макс)}}$ — максимальная величина входного сопротивления, оговоренная техническими условиями или справочными данными на транзистор; $R_{ЭВ}$ — внутреннее сопротивление вольтметра.

Величина емкости

$$C_r \approx \frac{1}{fR_r}; \quad C_6 > \frac{1}{150f}.$$

5. Измерение коэффициента обратной связи по напряжению h_{12} (рис. 4-19)

Измерения производятся при холостом ходе на входе по переменному току на частоте 50—1 000 гц, испытуемый транзистор включен по схеме с общей базой. Необходимый режим транзистора по постоянному току задается так же, как при измерениях h_{11} .

Между коллектором и базой испытуемого транзистора от генератора ГЗ подается переменное напряжение $U_{кб}$ с частотой f . Величина этого напряжения измеряется вольтметром ЭВ с помощью делителя напряжения, составленного из R_1 и R_2 .

Напряжение U_1 на R_2 равно:

$$U_1 = U_{кб} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

(переключатель Π_1 находится в положении 1).

При переводе переключателя Π_1 в положение 2 измеряется переменное напряжение между эмиттером и базой $U_{эб}$.

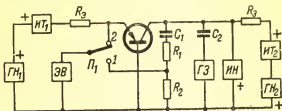


Рис. 4-19. Схема измерения коэффициента обратной связи по напряжению транзисторов.

Величина h_{12} находится по формуле

$$h_{12} = \frac{U_{эб}}{U_{кб}} = \frac{U_{эб} R_2}{U_1 (R_1 + R_2)}$$

При переключениях Π_1 величина напряжения от генератора $\Gamma З$ должна оставаться неизменной.

Величина сопротивления R_3 и входного сопротивления вольтметра $R_{эв}$ должна в 100 раз превышать максимально возможную для испытуемых транзисторов величину $h_{11\text{макс}}$.

Кроме того,

$$R_{эв} > 100 R_2; \quad R_1 + R_2 > 30 \text{ ком};$$

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} \sim h_{12}; \quad R_3 \approx 0,1 \frac{E_k}{I_3},$$

где E_k — напряжение на коллекторе; I_3 — ток эмиттера, при которых ведется измерение.

Величины емкостей C_1 и C_2 выбираются из условий:

$$C_1 \approx \frac{20}{f(R_1 + R_2)}; \quad C_2 > \frac{1}{150f}.$$

6. Измерение выходной проводимости h_{22}
(рис. 4-20)

Измерения производятся в режиме холостого хода по переменному току на входе на частоте 50—1 000 гц, испытуемый транзистор включен по схеме с общей ба-

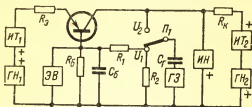


Рис. 4-20. Схема измерения выходной проводимости транзисторов.

зой. Необходимый режим транзистора по постоянному току устанавливается так же, как и при измерении h_{11} .

От генератора $ГЗ$ между коллектором и базой испытуемого транзистора подается напряжение $U_{кб}$ с частотой f . Величина этого напряжения измеряется с помощью делителя напряжения из R_1 и R_6 вольтметром $ЭВ$. Напряжение, измеряемое прибором U_1 , при этом равно:

$$U_1 = U_{кб} \frac{R_6}{R_6 + R_1}.$$

Если перевести переключатель $П_1$ в положение 2, то вольтметр измерит напряжение U_2 , величина которого равна:

$$U_2 = I_k R_6,$$

I_k — переменный ток в цепи коллектора.

Выходная проводимость находится по формуле

$$h_{22} = \frac{I_K}{U_{кб}} = \frac{U_2}{U_1 (R_6 \parallel R_1)}.$$

При переключении Π_1 напряжение генератора не должно изменяться, для этой цели нагрузка генератора при обоих положениях Π_1 сделана одинаковой и $R_K = R_2$.

Для того чтобы устранить паразитную высокочастотную генерацию при измерении, сопротивление R_6 зашунтировано конденсатором C_6 емкостью 2 000 пф. Конденсатор C_6 должен быть безындукционным и присоединяться непосредственно к базовому выводу транзистора.

Оптимальные элементы схемы выбираются на основании следующих соотношений: сопротивление R_1 и

$\frac{1}{h_{22(\text{макс})}}$ должны быть в 100 раз больше внутреннего сопротивления генератора Γ_3 ($h_{22(\text{макс})}$ — максимальная величина проводимости испытуемых транзисторов, оговоренная в технических условиях или справочных

данных). Величина $R_1 \approx \frac{1}{h_{22(\text{макс})}}$; $R_6 < 1 \text{ ком}$;

входное сопротивление вольтметра ЭВ $R_{ЭВ} > 100 R_6$;

$$R_6 < 0,01 \frac{1}{h_{22(\text{макс})}}; \quad R_K \approx 0,1 \frac{E_K}{I_{03}},$$

где E_K и I_{03} — постоянное напряжение коллектора и ток эмиттера

7. Измерение коэффициента усиления по току h_{21} (рис. 4-21)

Измерения производятся при коротком замыкании по переменному току на выходе на частоте 50—1 000 гц, испытуемый транзистор включен по схеме с общим коллектором по переменному току (с общей базой по постоянному току).

Так как величина h_{21} мало отличается от 1, для повышения точности измеряется значение $1 + h_{21}$:

$$1 + h_{21} = 1 - \alpha = \frac{I_6}{I_3}.$$

Способ задания режима транзистора по постоянному току тот же, что и при измерении h_{11} . От генератора ГЗ в эмиттер испытуемого транзистора подается переменный ток I_3 с частотой f .

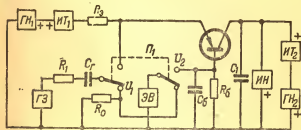


Рис. 4-21. Схема измерения коэффициента усиления по току транзисторов.

Величина тока I_3 вычисляется по падению напряжения на сопротивлении R_0 вольтметром ЭВ (отсчет в положении переключателя U_1).

При этом

$$I_3 = \frac{U_1}{R_0}$$

Когда переключатель Π_1 переводится в положение U_2 , вольтметр измеряет напряжение на сопротивлении R_6 ; оно равно:

$$U_2 = I_6 R_6.$$

Величина тока I_3 при переключении Π_1 остается неизменной. Отсюда $1 + h_{21}$ определяется как

$$1 + h_{21} = \frac{I_6}{I_3} = \frac{U_2 R_0}{U_1 R_6}.$$

Можно определить также величину α и B :

$$\alpha = 1 - (1 + h_{21}); \quad B = \frac{1}{1 + h_{21}} - 1.$$

Для устранения паразитной генерации на высокой частоте сопротивление R_6 зашунтировано конденсатором C_6 емкостью 2 000 пф. Конденсатор должен быть безындукционным и присоединен непосредственно к базовому выводу транзистора.

Для того чтобы при переключении P_1 величина тока I_3 не менялась, необходимо соблюдать следующие соотношения:

$$R_1 > 100 R_6 + 10 \text{ (ком);}$$

$$R_6 < 1 \text{ ком;}$$

$$R_0 < 0,01 R_1;$$

$$R_0 \approx R_6;$$

$$R_3 > 100 R_6 + 10 \text{ (ком);}$$

входное сопротивление вольтметра $R_{ЭВ} \geq 100 R_6$. Величины емкости C_T и C_1 выбираются из условий:

$$C_T \approx \frac{1}{R_T f}; \quad C_1 \approx \frac{1}{150 f}.$$

Коэффициент пульсации напряжений источников постоянного смещения не должен превышать 2%.

8. Измерение предельной частоты усиления f_a (рис. 4-22)

Испытуемый транзистор включен по схеме с общей базой (рис. 4-22). Измеряется модуль коэффициента усиления по току $|\alpha|$, определяемый как отношение переменного тока коллектора к току эмиттера.

Постоянный ток коллектора задается от генератора напряжения $ГН_1$ с помощью сопротивлений R_1 и R_3 и контролируется измерителем тока $ИТ_1$.

Напряжение на коллектор от $ГН_2$ подается через сопротивление R_2 , служащее для измерения переменного тока коллектора.

От генератора высокочастотного напряжения $ГВЧ$ в цепь эмиттера подается переменный ток I_3 с ча-

стотой f . Величина тока I_3 измеряется по падению напряжения на сопротивлении R_2 вольтметром ЭВ (отсчет U_1). При этом

$$I_3 = \frac{U_1}{R_2}.$$

Когда переключатель Π_1 переводится в положение U_2 , вольтметр измеряет напряжение.

$$U_2 = I_K R_2.$$

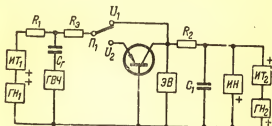


Рис. 4-22. Схема измерения предельной частоты усиления f_α .

Отсюда величина $|\alpha|$ равна:

$$|\alpha| = \frac{I_K}{I_3} = \frac{U_2}{U_1}.$$

Измерения проводятся при нескольких значениях частоты f . Частота, на которой $|\alpha| = 0,7$, определяется как f_α .

Для того чтобы при переключении величина переменного тока от генератора оставалась неизменной, необходимо:

$$R_3 \geq 100 R_2 (R_3 \geq 3 \text{ ком}); \quad R_1 \geq 750 \text{ ом};$$

$$R_2 = 10 \div 30 \text{ ом}.$$

Величины емкости C_Γ и C_1 выбираются из условий:

$$C_\Gamma \geq \frac{20}{f R_3}; \quad C_1 \geq \frac{20}{f R_2}.$$

Конденсатор C_1 должен быть безындукционным и присоединяться непосредственно к выводу сопротивления R_2 и базе испытуемого транзистора.

Описанным способом рекомендуется проводить измерения в диапазоне частот 0,1—26 МГц и при постоянных токах эмиттера до 30 мА.

9. Измерение модуля коэффициента усиления по току $|B|$ на частоте до 20 МГц

(рис. 4-23)

Испытуемый транзистор включается по схеме с общим эмиттером по переменному току и общей базой — по постоянному.

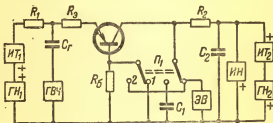


Рис. 4-23. Схема измерения модуля коэффициента усиления по току.

Способ задания режима работы транзистора по постоянному току тот же, что и при измерении f_a .

В эмиттер испытуемого транзистора от генератора напряжения высокой частоты ГВЧ задается ток I_c с частотой f , величина которой оговаривается в технических условиях или справочных данных транзистора.

Когда переключатель Π_1 находится в положении 1, вольтметр измеряет напряжения U_1 на сопротивлении R_2 , равное:

$$U_1 = I_K R_2.$$

При переключении P_1 в положение 2 вольтметр измеряет напряжение U_2 на сопротивлении R_6 в цепи базы, равное:

$$U_2 = I_6 R_6.$$

Отсюда величина $|B|$ находится как

$$|B| = \frac{I_K}{I_6} = \frac{U_1 R_6}{U_2 R_2}.$$

Измерение $|B|$ для высокочастотных транзисторов производится вместо измерений $|a|$ для определения f_a (если $f_a > 26 \text{ МГц}$).

Величина f_a в этом случае находится как

$$f_a = m |B| f.$$

Здесь f — частота, на которой ведется измерение;

$m = 1,6$ для дрейфовых транзисторов;

$m = 1,2$ для бездрейфовых транзисторов.

Величины сопротивлений в схеме выбираются так, чтобы

$$R_3 \geq 100 R_4 \quad (R_3 \geq 3 \text{ ком});$$

$$R_2 = 10 - 30 \text{ ом};$$

$$R_3 \geq 100 h_{11};$$

$$R_1 \geq 750 \text{ ом};$$

$$R_6 \approx |B|_{\min} R_2,$$

где $|B|_{\min}$ — минимальная величина модуля коэффициента усиления по току, указанная в технических условиях или справочных данных транзистора.

Модуль полного входного сопротивления вольтметра должен в 100 раз превышать величину R_6 .

Величины емкости C_1 , C_2 и C_r выбираются из условий:

$$C_1 \approx C_2; \quad C_1 > \frac{20}{R_2 f}; \quad C_r \geq \frac{1}{R_1 f}.$$

10. Измерение модуля коэффициента усиления по току при $|B| > 2$ и коэффициенте усиления по току $\alpha > 0,95$ на низкой частоте

(рис. 4-24)

При таких измерениях сравниваются величины переменного тока в базе I_6 и эмиттере I_3 . Измеряемая величина

$$\frac{I_6}{I_3} = |1 + h_{21}|$$

с погрешностью не более 10% равна значению $|B|$.

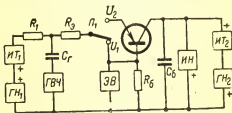


Рис. 4-24. Схема измерения модуля коэффициента усиления по току при $|B| > 2$.

Способ задания режима работы транзистора по постоянному току такой же, что и при измерении по схеме рис. 4-23.

В эмиттер транзистора от генератора ГВЧ подается ток I_3 с частотой f . Величина этого тока измеряется по падению напряжения на сопротивлении R_6 вольтметром ЭВ (отсчет U_1). При этом

$$U_1 = I_3 R_6.$$

Когда переключатель Π_1 переведен в другое положение, вольтметр измеряет напряжение

$$U_2 = I_6 R_6.$$

Отсюда

$$|1 + h_{21}| \approx \frac{U_2}{U_1}; \quad |B| \approx \frac{U_1}{U_2}.$$

Для того чтобы при переключениях P_1 величина тока от генератора оставалась неизменной, необходимо.

$$R_3 \geq 100 R_6;$$

$$R_6 = 20 \div 60 \text{ ом};$$

$$R_1 \geq 750 \text{ ом};$$

модуль полного сопротивления вольтметра в 10 раз больше величины R_6 .

Величина емкости C_6 и C_7 выбирается из условий

$$C_6 > \frac{20}{R_6 f}; \quad C_7 \approx \frac{1}{R_1 f}.$$

11. Измерение максимальной частоты генерации $f_{\text{макс}}$ (рис. 4-25)

Испытуемый транзистор включается в схему автогенератора. Обратная связь подается с коллектора на эмиттер через конденсатор $C_{св}$.

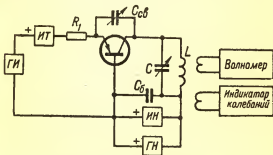


Рис. 4-25. Схема измерения максимальной частоты генерации транзисторов.

Напряжение на коллектор подается от генератора напряжения $ГН$. В эмиттер ток задается от генератора прямоугольного напряжения $ГИ$ с частотой 1 000 гц через сопротивление R_1 . Ток эмиттера проходит импульсами: длительность импульсов равна паузе между ними. Поэтому показания измерителя тока $ИТ$ следует

умножать на 2, чтобы получить величину импульса тока эмиттера.

Модуляция тока эмиттера (и модуляция высокочастотных колебаний) позволяет применять в индикаторе высокочастотных колебаний и волномере избирательные усилители низкой частоты для повышения чувствительности.

Для определения максимальной частоты генерации величина емкости C в коллекторном контуре уменьшается до тех пор, пока колебания не сорвутся. После этого изменением величины емкости $C_{св}$ вновь восстанавливают генерацию. После этого вновь уменьшается емкость C , и процесс повторяется до тех пор, пока возможно восстановить генерацию изменением $C_{св}$.

Максимальная частота, на которой обнаруживается генерация, принимается за $f_{\text{макс}}$. Измерение частоты производится волномером.

Оптимальная величина емкости связи $C_{св}$ близка к емкости коллекторного перехода испытуемого транзистора. Элементы контура выбираются так, чтобы

$$f_{\text{макс}} \approx \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}.$$

Величина емкости блокировочного конденсатора C_6 около 10 000 пф, сопротивление $R_1 > 5$ ком.

12. Измерение емкости коллекторного и эмиттерного перехода (рис. 4-26)

Измерение производится методом емкостно-омического делителя (этот метод описан выше для измерения емкости диодов) или методом замещения емкости в резонансном контуре. В последнем случае можно пользоваться Q-метром (например, KB-1).

Между коллектором и базой устанавливается напряжение смещения необходимой величины от генератора напряжения ГН. Резонансный контур образует индуктивность L_1 , образцовая емкость (находится в Q-метре) и емкость перехода испытуемого транзистора.

Сначала куметр настраивается в резонанс при отключенном транзисторе изменением величины об-

разцової емкости (по индикатору Q -метра). При включении транзистора вновь производится настройка в резонанс; величина внесенной переходом транзистора емкости равна разности отсчетов образцового конденсатора Q -метра.

Измерение емкости ведется на частоте 500 кГц или 5 МГц. В качестве L_1 используется одна из катушек, прилагаемых к Q -метру.

Величина емкости C_1 — C_3 около 10 000 пф, резонансная частота заграждающего фильтра из L_2C_2 должна быть в 20 раз ниже частоты, на которой производится измерение.

При измерениях необходимо устанавливать минимальный уровень напряжения на контуре, при котором еще возможно точное определение положения резонанса.

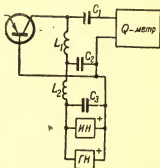


Рис. 4-26. Схема измерения емкости переходов транзисторов.

13. Измерение постоянной времени цепи обратной связи (рис. 4-27)

Режим работы испытуемого транзистора по постоянному току устанавливается с помощью генераторов напряжения $ГН_1$ и $ГН_2$ и сопротивления в цепи эмиттера R_3 .

Между коллектором и базой транзистора от генератора высокой частоты $ГВЧ$ подается напряжение с частотой f . Напряжение между эмиттером и базой транзистора (пропорциональное величине внутренней обратной связи $r_{бк}$) измеряется вольтметром ЭВ.

Измерения производятся методом сравнения показаний вольтметра при включении транзистора с показаниями, когда вместо транзистора включена эталонная цепочка $C_{эТ}R_{эТ}$.

Включая эталонные цепочки с разной величиной произведения $C_{\text{эт}} R_{\text{эт}}$, можно отградуировать шкалу вольтметра в величинах $RC (r'_6 C_k)$.

Измерение $r'_6 C_k$ производится обычно на частоте 5 МГц (если другая частота не указана в справочных данных).

Контур из LC , настроенный на частоту измерений, развязывает цепь генератора высокой частоты от цепей питания.

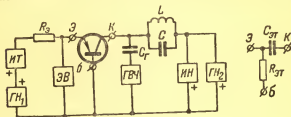


Рис. 4-27. Схема измерения постоянной времени цепи обратной связи транзисторов.

Напряжение от ВЧ генератора должно оставаться неизменным при измерениях с транзистором и эталонными цепочками.

Элементы эталонной цепочки $C_{\text{эт}}$ и $R_{\text{эт}}$ должны быть измерены с точностью не хуже 1%.

Емкость эталонного конденсатора $C_{\text{эт}}$ необходимо выбирать из условия

$$C_{\text{эт}} = (1 \div 3) C_k,$$

где C_k — емкость коллекторного перехода транзистора.

Величина сопротивления $R_3 \geq 3 \text{ ком.}$

Величина емкости C_r :

$$C_r \geq \frac{20}{f Z_{\text{вн}}},$$

где $Z_{\text{вн}}$ — внутреннее сопротивление генератора высокой частоты.

Резонансное сопротивление контура LC должно превышать в 20 раз величину $Z_{\text{вн}}$.

14. Измерение напряжения между коллектором и эмиттером $U_{к.н}$ и базой и эмиттером $U_{б.н}$ в режиме насыщения (рис. 4-28 и 4-29).

Испытуемый транзистор включен по схеме с общим эмиттером. Измерения можно производить на постоянном или импульсном токе. Измерение на импульс-

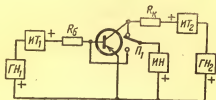


Рис. 4-28. Схема измерения напряжений между электродами насыщенного транзистора на постоянном токе.

ном токе позволяет уменьшить среднюю рассеиваемую мощность до такой величины, при которой транзистор может работать без теплоотвода.

Измерения на постоянном токе проводятся по схеме рис. 4-28.

На базу транзистора от генератора напряжения $ГН_1$ через сопротивление $R_б$ подается насыщающий ток $I_б$. Напряжение на коллектор подается от $ГН_2$ через сопротивление $R_к$.

Ток коллектора в режиме насыщения поэтому равен:

$$I_к \approx \frac{E_к}{R_к}; E_к — \text{напряжение от } ГН_2.$$

Напряжение между коллектором и эмиттером $U_{к.н}$ и базой и эмиттером $U_{б.н}$ измеряется вольтметром, переключаемым с помощью $П_1$. Режим измерения по постоянному току указывается в справочных данных транзистора.

Обычно величины $I_б$ и $I_к$ находятся в соотношении

$$I_6 \approx \frac{(2 \div 5) I_K}{B_{\text{ст(мин)}}},$$

где $B_{\text{ст}}$ — минимальная величина статического коэффициента усиления по току испытуемых транзисторов.

Внутреннее сопротивление вольтметра $R_{\text{вн}}$ должно быть:

$$R_{\text{вн}} \geq 200 \frac{U_{\text{к.н}}}{I_K}.$$

Типичные величины $U_{\text{к.н}}$ — несколько десятых долей вольта.

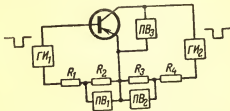


Рис. 4-29. Схема измерения напряжений из насыщением транзистор импульсным методом.

При измерении $U_{\text{к.н}}$ и $U_{\text{б.н}}$ импульсным методом (рис. 4-29) генераторы постоянного напряжения $ГН_1$ и $ГН_2$ заменяются генераторами однопольярных импульсов (синхронизированными).

Длительность импульсов генераторов от 50 до 1 000 мксек, частота повторения равна частоте питающей сети (50 гц).

Величины токов базы и коллектора измеряются по падению напряжения на измерительных сопротивлениях R_2 и R_3 с помощью пиковых вольтметров $ПВ_1$ и $ПВ_2$.

Рекомендуется выбирать величины тока базы I_6 и коллектора I_K в соответствии:

$$I_6 = \frac{(2 \div 5) I_K}{B_{\text{ст}}}.$$

Напряжения $U_{\text{к.н}}$ и $U_{\text{б.н}}$ измеряются также пиковым вольтметром $ПВ_3$.

15. Измерение статического коэффициента усиления по току $B_{ст}$
(рис. 4-30)

Испытуемый транзистор включен по схеме с общей базой. Коллекторная цепь питается от источника постоянного напряжения $ГН$. В эмиттер ток задается от генератора однополярных импульсов. Импульсное питание позволяет резко уменьшить мощность, рассе-

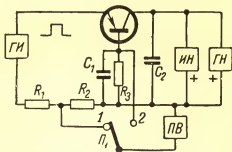


Рис. 4-30. Схема измерения статического коэффициента усиления по току.

ваемую транзистором, и устранить ошибку, вызываемую наличием тока $I_{к0}$.

Величина импульса тока эмиттера I_3 измеряется пиковым вольтметром $ПВ$ по падению напряжения на сопротивлении R_2 (отсчет U_1 , переключатель $П_1$ в положении 1).

В цепь базы включено калиброванное сопротивление R_3 , напряжение на котором измеряется тем же вольтметром $ПВ$, когда переключатель $П_1$ находится в положении 2.

Это напряжение равно:

$$U_2 = I_6 R_3.$$

Величина $B_{ст}$ находится из соотношений:

$$\frac{I_3}{I_6} = B_{ст} + 1; \quad B_{ст} = \frac{I_3}{I_6} - 1 = \frac{U_1 R_3}{U_2 R_2} - 1.$$

Источник напряжения коллекторной цепи заблокирован конденсатором C_2 ; тем самым достигается постоянство напряжения при действии большого импульса тока.

Величина емкости C_2 выбирается из условия

$$C_2 > \frac{10 I_k \tau_n}{E_k},$$

где I_k — максимальная величина импульса тока коллектора;

τ_n — длительность импульса;

E_k — напряжение источника ΓH .

Сопrotивление R_3 заблокировано конденсатором C_1 емкостью 2 000 пф для устранения паразитной высокочастотной генерации.

Рекомендуется производить измерения при частоте повторения импульсов 50 гц, длительность импульсов 50—300 мксек.

16: *Измерение статической крутизны $S_{ст}$ передаточной характеристики транзистора на постоянном токе по схеме с общей базой и по схеме с общим эмиттером*

Напряжение между коллектором и базой испытуемого транзистора (рис. 4-31) подается от генератора напряжения ΓH_2 и измеряется вольтметром $ИН_2$. Ток в цепи коллектора I_k измеряется прибором $ИТ$. Напряжение между эмиттером и базой транзистора $U_э$ подается от генератора регулируемого напряжения ΓH_1 и измеряется прибором $ИН_1$.

Напряжение от ΓH_1 плавно увеличивается до тех пор, пока величина тока коллектора I_k не достигнет заданного уровня, при котором производится измерение $S_{ст}$ (уровень тока I_k указывается в справочных данных транзистора).

Производится отсчет $U_э$ и крутизна $S_{ст}$ рассчитывается по формуле

$$S_{ст} = \frac{I_k}{U_э}.$$

При измерении $S_{ст}$ в схеме с общим эмиттером (рис. 4-32) напряжение между коллектором и эмиттером

испытуемого транзистора подается от генератора напряжения $ГН_2$ и измеряется прибором $ИН_2$. Ток в цепи коллектора I_K измеряется прибором $ИТ$.

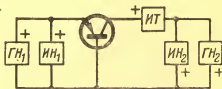


Рис. 4-31. Схема измерения крутизны характеристики транзисторов на постоянном токе. Схема с общей базой.

Напряжение между базой и эмиттером транзистора U_6 подается от генератора регулируемого постоянного напряжения $ГН_1$ и измеряется прибором $ИН_1$.

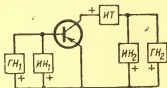


Рис. 4-32. Схема измерения крутизны характеристики транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером на постоянном токе.

Напряжение от $ГН_1$ медленно увеличивается до тех пор, пока величина I_K не достигнет заданного уровня, при котором производится отсчет U_6 . Тогда крутизна

$$S_{ст} = \frac{I_K}{U_6}.$$

Вольтметры $ИН_1$ и $ИН_2$ должны иметь внутреннее сопротивление не менее 5 000 ом/в.

Измерение крутизны на постоянном токе можно производить для транзисторов средней мощности; для мощных транзисторов необходимо осуществлять теплоотвод, при котором температура корпуса прибора поддерживается постоянной, указанной в технических условиях или справочных данных.

Для того, чтобы уменьшить среднюю мощность, рассеиваемую в транзисторе, используется схема измерения $S_{ст}$ импульсным методом (рис. 4-33).

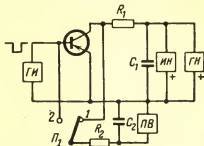


Рис. 4-33. Схема измерения крутизны транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером импульсным методом.

Испытуемый транзистор включен по схеме с общим эмиттером. На коллектор подается от генератора ГН постоянное напряжение, величина которого указывается в справочных данных транзистора.

Источник коллекторного питания заблокирован конденсатором C_1 , чем достигается постоянство напряжения при действии больших импульсов тока.

В цепь базы транзистора ток задается от генератора однополярных импульсов ГН.

Длительность импульсов тока τ_n должна значительно превышать времена переходных процессов при включении и выключении транзистора:

$$\tau_n \approx 10 \frac{V_{ст}}{I_a},$$

следует брать максимальное значение $V_{ст}$ для данного

типа транзисторов. Частота следования импульсов — не выше 1 000 гц.

Величина импульсов коллекторного тока измеряется по падению напряжения на сопротивлении R_1 пиковым вольтметром $ПВ$ (отсчет U_1 , переключатель $П_1$ в положении 1). При этом

$$I_k = \frac{U_1}{R_1}.$$

Амплитуда импульсов от генератора $ГИ$ увеличивается до тех пор, пока ток коллектора не достигнет заданного уровня. После этого переключатель $П_1$ переводится в положение 2 и измеряется величина импульса напряжения U_6 между базой и эмиттером.

Крутизна рассчитывается по формуле

$$S_{ст} = \frac{I_k}{U_6} = \frac{U_1}{U_6 R_1}.$$

Перед пиковым вольтметром $ПВ$ включается интегрирующая цепь $R_2 C_2$ для сглаживания коротких всплесков напряжения

$$R_2 C_2 \approx \frac{1}{f_a}.$$

Величина R_2 должна быть в 10 раз меньше входного сопротивления вольтметра $ПВ$.

Величина емкости C_1 выбирается из условия

$$C_1 \approx \frac{10 I_k \tau_n}{E_k},$$

где E_k — напряжение источника питания; I_k — максимальная величина импульса тока коллектора.

Измерительное сопротивление R_1 должно удовлетворять условию

$$R_1 \leq 0,1 \frac{E_k}{I_k}.$$

Измерение крутизны $S_{ст}$ импульсным методом можно производить по схеме рис. 4-34 (транзистор включен по схеме с общей базой).

Порядок измерений такой же, как и для схемы рис. 4-33.

Генератор импульсов напряжения в цепи эмиттера заблокирован конденсатором C_1 емкостью 1 000 пф

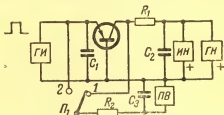


Рис. 4-34. Схема измерения крутизны транзистора, включенного по схеме с общей базой импульсным методом.

для устранения паразитной высокочастотной генерации.

Требования к остальным элементам схемы аналогичны описанным выше.

17. Измерение времени рассасывания τ_p

а) Для транзисторов малой мощности измерение τ_p можно производить по схеме рис. 4-35, а. При этом в цепи базы испытуемого транзистора задается постоянный насыщающий ток $I_{б1}$ от $ГН_1$. В цепи коллектора протекает ток I_k от $ГН_2$, определяемый величиной напряжения E_k и суммарным сопротивлением нагрузки $R_k + R_n$. Глубина насыщения, рекомендуемая для измерений τ_p , равна 2.

От генератора $ГИ$ в базу транзистора подаются запирающие импульсы тока $I_{б2}$. Величина тока коллектора и ее зависимость от времени измеряются с помощью импульсного осциллографа $ИО$ по падению напряжения на сопротивлении R_n . Временная развертка осциллографа синхронизирована с $ГИ$. Форма импульсов коллекторного тока показана на рис. 4-35, б.

Измеряется отрезок времени между моментом подачи запирающего тока $I_{б2}$ и моментом, когда напря-

жение на коллекторе достигает уровня $(0,1 \div 0,3) E_K$ (напряжение, измеряемое на сопротивлении R_H , при этом достигает уровня $(0,1 \div 0,3) E_K \frac{R_H}{R_K + R_H}$). Это время принимается за τ_p .

Режим работы транзистора при измерениях указывается в технических условиях или справочных данных.

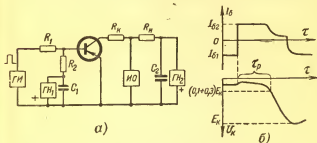


Рис. 4-35. Схема измерения времени рассасывания с постоянным насыщением.

Можно измерять τ_p при любых напряжениях E_K при условии

$$U_{к.н} < E_K < U_{\alpha}.$$

Это позволяет изменять величину тока коллектора I_K изменением напряжения E_K без изменения величины сопротивления нагрузки.

Величины емкости блокировочных конденсаторов выбираются из условия

$$C_1 = C_2 \approx 100 \frac{I_K \tau_H}{E_K},$$

где τ_H — длительность импульса запирающего тока; величина τ_H должна быть не менее измеряемой τ_p .

Для маломощных транзисторов время τ_p обычно равно 0,5—3 мксек, для мощных — до 50 мксек.

Амплитуда импульса запирающего тока I_{62} должна составлять 10—100% от величины I_{61} .

Длительность времени фронта запирающего импульса должна быть не более 20% от измеряемой величины τ_p .

Суммарная величина $R_k + R_n$ находится из соотношения

$$R_k + R_n = \frac{E_k - U_{к.н}}{I_k}.$$

Сопротивление R_n берется равным 75 ом.

б) Для транзисторов средней и большой мощности измерение τ_p производится при импульсном насыщении, что позволяет использовать источники питания коллекторной цепи с небольшими допустимыми средними токами. Большой ток в импульсе достигается включением блокирующего источника конденсатора.

Схема измерения приведена на рис. 4-36, а. На базу испытуемого транзистора через сопротивление R_2 подается постоянное запирающее смещение I_{62} .

От генератора импульсов ГИ через сопротивление R_1 на базу подаются отпирающие импульсы тока I_{61} , насыщающие транзистор. Рекомендуемое соотношение между ними

$$I_{62} = (0,1 \div 1,0) I_{61}.$$

Рекомендуемая глубина насыщения указывается в технических условиях или справочных данных транзистора (иногда указываются величины импульсов тока базы и коллектора).

Величина тока коллектора и ее зависимость от времени измеряются с помощью импульсного осциллографа ИО по падению напряжения на сопротивлении нагрузки в цепи коллектора.

Форма импульсов тока базы и напряжения на коллекторе показаны на рис. 4-36, б.

Время рассасывания τ_p определяется как отрезок времени между моментом окончания насыщающего импульса тока I_{61} и моментом, когда напряжение на коллекторе достигает заданного уровня отсчета (рекомендуемые уровни отсчета те же, что и ранее).

Требования к элементам схемы те же, что и для предыдущей. Необходимо, чтобы длительность спада

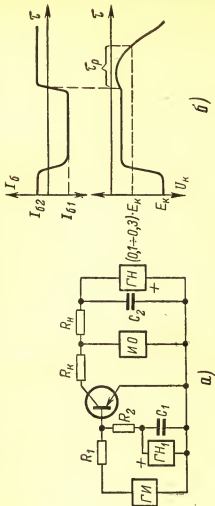


Рис. 4-36. Схема измерения времени релаксации с импульсным насыщением.

насыщающего импульса была не более 10% от величины измеряемого τ_p . Длительность насыщающего импульса должна в 5—10 раз превышать величину τ_p .

Частота следования импульсов генератора — не выше 1 000 гц.

18. Измерение напряжения U_a , при котором коэффициент усиления по току $\alpha = 1$ и $V \rightarrow \infty$ (рис. 4-37)

Испытуемый транзистор включен по схеме с общим эмиттером. Напряжение между коллектором и эмиттером подается от источника регулируемого постоянного

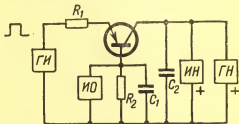


Рис. 4-37. Схема измерения напряжения коллектор—эмиттер, при котором происходит переворот фазы тока базы.

напряжения $ГН$; оно измеряется вольтметром $ИН$.

В эмиттер транзистора задается импульсный ток от генератора $ГИ$.

В цепь базы включено сопротивление R_2 , напряжение с которого подается на импульсный осциллограф $ИО$. Для устранения паразитной генерации на высокой частоте сопротивление R_2 заблокировано конденсатором C_1 . Фаза импульсного напряжения на сопротивлении R_2 совпадает с фазой тока базы. В свою очередь при $\alpha < 1$ фаза тока базы совпадает с фазой тока эмиттера; при $\alpha > 1$ они противоположны.

Измерения ведутся в следующем порядке. Напряжение от $ГН$ увеличивается до тех пор, пока фаза импульсного напряжения, наблюдаемого на экране $ИО$,

не изменит знака. Напряжение, при котором происходит переверт фазы, определяется как напряжение U_a .

Источник коллекторного напряжения заблокирован конденсатором C_2 емкостью

$$C_2 \approx \frac{10 I_k \tau_n}{E_k},$$

где I_k — амплитуда импульса коллекторного тока, τ_n — длительность импульсов тока эмиттера.

Величина τ_n не должна превышать 2 мксек. Частота повторения импульсов — не выше 10 кГц. Величина сопротивления R_2 — 10—1 000 ом; R_1 — 200—10 000 ом. Конденсатор C_1 должен быть безындукционным и присоединяться непосредственно к выводу базы транзистора. Емкость C_1 — 1 000—10 000 пф.

19. Измерение теплового сопротивления (рис. 4-38)

В цепи эмиттера транзистора протекает ток I_3 , регулируемый с помощью сопротивления R_3 . В цепи

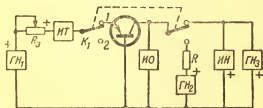


Рис. 4-38. Схема для измерения тепловых сопротивлений транзисторов.

коллектора имеется ключ K_1 . Если он находится в положении I , то на коллекторе транзистора рассеивается нагревающая его мощность

$$P \approx I_3 E_k,$$

где E_k — напряжение от GN_3 .

Если перевести K_1 в положение 2, то через переход коллектор — база будет протекать ток I в прямом направлении (1—10 мА) от $ГН_2$ с сопротивлением R . Ток в цепи эмиттера при этом выключается.

Напряжение между коллектором и базой измеряется с помощью осциллографа с усилителем постоянного тока.

Измерение температуры окружающей среды производится любым термометром, чувствительный элемент которого располагается сбоку на расстоянии 2—4 см от корпуса или теплоотвода транзистора.

Измерение температуры корпуса прибора производится с помощью термопары, составленной из проводников диаметром не более 0,2 мм. Спай термопары зажимается между корпусом и теплоотводом (для мощных транзисторов и диодов) или приклеивается к корпусу. Располагается спай термопары на корпусе в области, которая находится непосредственно под местом закрепления нагревающегося перехода транзистора или диода.

Измерение температуры области коллекторного перехода производится в следующем порядке.

Транзистор помещается в термостат с контролируемой температурой. Ключ K_1 переводится в положение 2. Далее строится градуировочный график зависимости напряжения коллектор—база от температуры в термостате. При этих измерениях мощность, выделяемая в транзисторе, очень мала и температура коллекторного перехода равна окружающей. Зависимость напряжения коллектор—база от температуры обычно линейная; напряжение меняется примерно на 2 мВ на каждый 1°C .

Транзистор вынимается из термостата и выдерживается до остывания до комнатной температуры.

После этого ключ K_1 переводится в положение 1 и транзистор нагревается рассеиваемой электрической мощностью до установления стационарного режима (обычно несколько минут).

Если ключ K_1 перевести теперь в положение 2 и измерить напряжение на переходе сразу же после переключения, то можно определить температуру перехода $t_{\text{п}}$, соответствующую разогревающей мощности P и температуре окружающей среды $t_{\text{с}}$ (или корпуса $t_{\text{к}}$).

Из этих данных находится величина теплового сопротивления по формулам.

$$R_{\text{т.п.с}} = \frac{t_{\text{п}} - t_{\text{с}}}{I_{\text{э}} E_{\text{к}}};$$

$$R_{\text{т.п.к}} = \frac{t_{\text{п}} - t_{\text{к}}}{I_{\text{э}} E_{\text{к}}}.$$

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

5-1. Эксплуатационные особенности полупроводниковых приборов

Одной из отличительных особенностей полупроводниковых материалов, из которых изготавливаются переходы транзисторов и диодов, является сильная чувствительность их к изменению температуры. Поэтому и параметры самих транзисторов и диодов значительно меняются с изменением температуры. Кроме того, из-за сложных физико-химических процессов, проходящих на поверхности полупроводниковых кристаллов, параметры транзисторов и диодов несколько изменяют свои значения не только в процессе работы, но и при хранении (дрейф параметров).

Технология изготовления современных диодов и транзисторов состоит из сложнейших сборочных операций, а также термической и механической обработки деталей и узлов микроскопических размеров. При этом малейшие отклонения на любом из этапов производства приводят к неоднородности величины параметров полупроводниковых приборов одного типа. Интервал значений, в котором находятся параметры, ограничивается определенными минимальной и максимальной величинами, которые и указываются в технических условиях на прибор.

Некоторые параметры имеют одностороннее минимальное или максимальное ограничение.

При выборе полупроводникового прибора в пределах одного типа следует помнить, что прибор с наивысшими значениями параметров, как правило, будет обладать меньшей надежностью, так как его параметры соответствуют пределам технологических возможностей. В результате технологические запасы у таких приборов будут минимальны. Кроме того, приборы с наивысшими параметрами составляют обычно относительно малый процент от общего количества приборов данного типа, и ориентация на них неизбежно затрудняет комплектацию аппаратуры при серийном производстве. Исходя из этого, разработку и проектирование схем на

диодах и транзисторах необходимо производить, беря только те параметры полупроводниковых приборов, которые лежат в оговоренном интервале значений и удовлетворяют нормам технических условий.

При разработке аппаратуры недопустимо производить отбор полупроводниковых приборов на группы, не предусмотренные техническими условиями на них. Такой отбор приводит к снижению надежности аппаратуры, повышению трудоемкости, себестоимости и практически исключает возможность ее ремонта.

Изменение параметров от температуры, режима работы и в течение срока службы приборов. Особенно сильно зависит от температуры величина обратного тока. Так, величина обратного тока германиевого $p-n$ перехода увеличивается в 2 раза при повышении температуры на каждые 10°C . У кремниевых переходов обратный ток возрастает в 2,5 раза.

Значительно (до нескольких раз) меняется в диапазоне температур, указанных в технических условиях, коэффициент усиления по току β . Поэтому расчет схем необходимо производить для максимально возможных изменений основных параметров полупроводниковых приборов в рабочем диапазоне температур.

Необходимо помнить, что большинство параметров полупроводниковых приборов меняется в зависимости от режима работы. Это хорошо иллюстрирует зависимость коэффициента усиления по току транзистора от величины тока эмиттера, приведенная на рис. 5-1. Как видно из рисунка, коэффициент усиления наиболее существенно меняется в области малых токов, сравнимых с неуправляемыми обратными токами переходов. Вследствие этого, например, использование мощных приборов при малых токах недопустимо, так как это



Рис. 5-1. Зависимость коэффициента усиления по току транзистора от тока эмиттера.

ухудшает параметры схемы и снижает ее стабильность.

Схемы на полупроводниковых приборах должны проектироваться с учетом возможности изменения (дрейфа) их параметров в процессе хранения и эксплуатации. Наиболее существенным является дрейф обратных токов переходов и коэффициента усиления по току транзисторов.

В зависимости от типа приборов и способа их изготовления обратные токи переходов могут увеличиваться или уменьшаться в несколько раз, коэффициент усиления по току транзисторов также может увеличиваться или уменьшаться.

Очень часто уже на стадии наладки и производства в аппаратуру вносятся элементы, являющиеся причиной последующей порчи полупроводниковых приборов (неправильное крепление приборов, изгиб выводов в непосредственной близости к стеклоизолятору и т. д.). В результате этого герметичность корпуса полупроводниковых приборов нарушается и внутрь корпуса прибора попадает влага и загрязнения. У таких приборов появляется значительный дрейф параметров, который в большинстве случаев приводит к их неисправности.

Эти процессы могут протекать достаточно медленно и не всегда могут быть своевременно обнаружены. В результате надежность аппаратуры будет существенно снижена.

О надежности и долговечности полупроводниковых приборов. Высокая надежность работы полупроводниковых приборов достигается в первую очередь путем соблюдения при конструировании аппаратуры оптимальных условий их эксплуатации: стабильности температуры окружающей среды, отсутствия перегрева и механических перегрузок, строгого соблюдения правил монтажа при сборке аппаратуры.

Надежность работы зависит также от правильного выбора рабочих напряжений, токов и мощностей, которые должны быть существенно ниже предельных величин.

Ранее отмечалось, что полупроводниковым приборам присущи изменения параметров в определенном интервале.

Ориентировочные интервалы изменения важнейших параметров полупроводниковых приборов приведены в табл. 5-1. Правильно сконструированная схема должна оставаться работоспособной при изменении параметров в указанном в таблице интервале.

Таблица 5-1

**Критерии сохранения работоспособности
полупроводниковыми приборами в схемах
при изменении их параметров**

Параметры	Критерий годности (сохранения работоспособности) прибора
Постоянное прямое напряжение	$U_{пр} < 1,5 U_{пр} (C)$
Постоянный обратный ток	$I_{обр} < 5 I_{обр} (C)$
Время восстановления обратного сопротивления	$\tau_{восст} < 1,5 \tau_{восст} (C)$
Обратный ток коллектора	$I_{к_0} < 5 I_{к_0} (C)$
Обратный ток эмиттера	$I_{э_0} < 5 I_{э_0} (C)$
Коэффициент усиления по току	$0,7 V_{мин} (C) < V < 1,5 V_{макс} (C)$
Статический коэффициент усиления по току	$0,7 V_{ст. мин} (C) < V_{ст} < 1,5 V_{ст. макс} (C)$
Коэффициент шума	$F_{ш} < F_{ш} (C) + 3\text{дБ}$
Напряжение стабилизации	$U_{ст} < U_{ст} (C) \pm 10\%$
Дифференциальное сопротивление	$R_d < 1,5 R_d (C)$

Знак (C) обозначает стандартную норму ТУ.

Основные способы стабилизации работы схем с полупроводниковыми приборами. При изменяющихся условиях эксплуатации необходимо принимать специальные меры по стабилизации режима работы диодов и транзисторов.

Как правило, стабилизация режима работы достигается ценой увеличения числа используемых в схеме транзисторов и диодов, повышенного расхода мощности источника питания, а, следовательно, веса и габаритов аппаратуры. Однако достигаемая при этом высокая надежность аппаратуры окупит все затраты.

Основные способы стабилизации сводятся к следующим:

а) Включение последовательно с эмиттером сопротивления. Если величина этого сопротивления будет большой, то ток в цепи коллектора почти не будет зависеть от изменения параметров транзисторов и электрический режим остается постоянным с точностью до нескольких процентов при всех изменениях условий среды (в пределах, допускаемых техническими условиями на полупроводниковый прибор).

Стабилизация электрического режима работы (выбранной рабочей точки) — необходимое условие стабилизации выходных параметров схем.

б) Введение в усилительные каскады отрицательной обратной связи, стабилизирующей выходные параметры схемы.

в) Включение между базой и эмиттером сопротивления минимально возможной величины для увеличения стабильности схемы в широком диапазоне температур.

Обычно для транзисторов малой мощности величина сопротивления в цепи базы не должна превышать нескольких тысяч ом, для мощных транзисторов — нескольких ом (если в технических условиях не оговорено иное).

Чем больше величина сопротивления в цепи базы, тем значительнее изменения электрического режима при изменениях температуры и тем меньше допустимые коллекторные напряжения.

Недопустимо использовать транзисторы в таких схемах, где они хотя бы короткое время работают с от-

ключенной базой (например, при коммутации базы с помощью электромеханического реле).

При нестационарных процессах индуктивность в цепи базы может представлять очень большое сопротивление току базы. Вследствие этого при работе с короткими импульсами или импульсами с крутыми фронтами в цепи базы недопустимо применение индуктивности, а также больших сопротивлений.

г) Использование в схемах специальных температурно-зависимых элементов (например, термисторов или диодов) для компенсации температурных изменений параметров полупроводниковых приборов. Однако точная компенсация возможна лишь в ограниченном диапазоне температур, и обычно этот способ компенсации оказывается эффективным лишь в совокупности с другими методами стабилизации. Необходимо, чтобы термокомпенсирующие элементы располагались в непосредственной близости от тех приборов, изменения параметров которых компенсируются.

д) Помещение аппаратуры с полупроводниковыми приборами в среду со стабильной температурой и влажностью.

Граничные испытания схем с полупроводниковыми приборами. Для определения работоспособности схемы с любыми полупроводниковыми приборами данного типа, удовлетворяющими нормам ТУ в заданных условиях внешних воздействий, необходимо провести граничные испытания.

Граничные испытания проводятся:

а) методом имитации изменения параметров полупроводниковых приборов;

б) методом определения степени критичности схемы к изменению напряжения источника питания.

Для имитации ухудшения параметров диодов и транзисторов можно применять:

а) шуитирование переходов сопротивлениями для увеличения токов $I_{кз}$, $I_{эб}$, $I_{обр}$ и для уменьшения V и $V_{ст}$;

б) шуитирование переходов конденсаторами для увеличения C_k , $C_э$, C_d ;

в) включение сопротивления последовательно с выводами приборов для увеличения $U_{пр.имп}$, $U_{к.н}$, $U_{бн}$, R_d .

Работа схемы проверяется во всем диапазоне рабочей температуры и при минимальных и максимальных напряжениях источников питания.

Исключительно целесообразной является проверка работоспособности схемы при значительных изменениях величины напряжения источников питания. Схема, сохраняющая работоспособность при изменении напряжения источника питания в широких пределах, будет всегда более надежна, чем схема, критичная к изменениям напряжения.

Положительные результаты, полученные при граничных испытаниях, гарантируют надежную и устойчивую работу аппаратуры.

Предельная мощность и рабочая температура полупроводниковых приборов. Температура p - n переходов и внутренних областей полупроводниковых приборов — важнейший фактор, от которого зависят не только величины основных параметров, но и в общем работоспособность приборов.

Недопустимо превышать указаниую в ТУ или в справочных данных предельную мощность, рассеиваемую прибором, и температуру переходов или корпуса прибора. Следует помнить, что даже кратковременное превышение предельной температуры приводит к необратимым изменениям в приборе и выходу его из строя.

Для повышения надежности работы приборов необходимо снижать максимальную рабочую температуру p - n переходов. Так, в среднем при снижении температуры на 10°C от предельной ее величины число отказов уменьшается почти в 2 раза.

Под максимальной рабочей температурой следует понимать не среднюю, а мгновенную температуру (при импульсном режиме работы мгновенное значение температуры может оказаться значительно выше измеряемого среднего значения).

Следует помнить, что при снижении температуры до -30°C и менее надежность работы полупроводниковых приборов также уменьшается. Оптимальной является для них температура в диапазоне $-5^{\circ}\text{C} \rightarrow 40^{\circ}\text{C}$.

Предельные напряжения. Установлено, что подавляющая часть повреждений полупроводниковых приборов вызывается превышением напряжений на них

сверх предельных. При этом возникает тепловой или электрический пробой. Выделяемая за счет прохождения увеличившегося обратного тока электрическая мощность разогревает переход. При этом его обратный ток увеличивается еще больше. Это в свою очередь вызывает увеличение разогревающей мощности.

Если условия теплоотвода плохие, и тепло не успевает достаточно быстро рассеиваться, равновесие между генерацией тепла и его отводом нарушается и прибор разрушается вследствие перегрева.

Тепловой пробой может быть причиной выхода из строя мощных диодов и транзисторов, у которых величина обратного тока доходит до десятков миллиампер (при высокой температуре), если эти приборы работают в условиях плохого теплоотвода (например, без радиатора необходимой площади).

Включение стабилизирующего сопротивления в цепь эмиттера, уменьшение сопротивления в цепи базы до минимально возможной величины, снижение коллекторного напряжения позволяют снизить вероятность возникновения теплового пробоя. Чтобы избежать теплового пробоя, в первую очередь необходимо улучшить отвод тепла от диодов и транзисторов.

При электрическом пробое наблюдается резкое увеличение тока при напряжении на переходе, приближающемся к пробивному. При этом на переходе выделяется большая мощность, он нагревается и разрушается. Ток при электрическом пробое увеличивается практически мгновенно вслед за увеличением напряжения, этот вид пробоя проявляется даже при очень коротких, порядка 10^{-9} сек, импульсах напряжения, приложенного к переходу.

Для пробоя характерна локализация его в отдельных точках перехода. Плотность тока в этих местах очень высока, и здесь наиболее вероятно его повреждение (например, образование замыкающей перемычки коллектор — эмиттер в транзисторах). Локализация пробоя ведет к тому, что отдельные точки перехода существенно разогреваются даже при воздействии коротких импульсов перенапряжения. Вследствие этого не допускается превышение напряжения на приборе по сравнению с предельным по ТУ независимо от длительности импульса напряжения.

Для увеличения надежности действия полупроводниковых приборов следует снижать рабочие напряжения (в том числе импульсные) на них. Так, надежность диодов и транзисторов возрастает в десятки раз при уменьшении рабочего напряжения до уровня 0,7 от предельного.

Следует помнить, что в процессе работы и хранения пробивное напряжение $p-n$ переходов может уменьшаться (в некоторых случаях до 30%).

Однако не следует выбирать напряжение питания для схем с диодами и транзисторами слишком малой

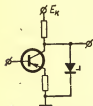


Рис. 5-2. Применение опорного диода для ограничения напряжения.



Рис. 5-3. Применение демпфирующей цепи для ограничения пиковых напряжений.



Рис. 5-4. Применение диода для ограничения напряжений.

величины, сравнимой с остаточным напряжением на приборе. При этом ухудшаются параметры приборов и снижается стабильность схемы.

Предельные токи. Запрещается превышать даже на короткое время (в импульсном режиме) указание в ТУ предельные токи через полупроводниковые приборы.

Превышение тока приводит к пробоем переходов (за счет выделения большого количества тепла), сгоранию внутренних соединительных проводников и выходу прибора из строя. При работе транзисторов в импульсном режиме с большими токами также могут проявляться эффекты локализации тока в небольших областях переходов.

У некоторых типов транзисторов наблюдается так называемый «токовый пробой», т. е. резкое увеличение тока до большой величины, при токах, превышающих критическое значение.

Рекомендуется ограничивать рабочие токи через полупроводниковые приборы (в том числе импульсные) величиной, не превышающей 0,7 от предельной.

Однако нельзя выбирать рабочие токи и очень малой величины, сравнимой с величиной неуправляемых обратных токов через переходы. Это приводит к ухудшению параметров приборов, сильному изменению параметров и электрического режима при изменении температуры.

Использование диодов и транзисторов при токах, равных предельным, запрещается.

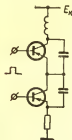


Рис. 5-5. Выравнивание пиковых напряжений на транзисторах с помощью конденсаторов.

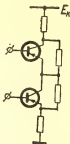


Рис. 5-6. Выравнивание напряжений на транзисторах с помощью сопротивлений.



Рис. 5-7. Выравнивание напряжений на диодах с помощью сопротивлений.

Запрещается использование полупроводниковых приборов в каких-либо совмещенных предельных режимах (например, по току и напряжению одновременно).

Защита полупроводниковых приборов от электрических перегрузок. При проектировании надежных схем следует применять защиту полупроводниковых приборов от перегрузок.

Для защиты полупроводниковых приборов от перенапряжений рекомендуется применять: а) опорные диоды (рис. 5-2); б) демпфирующие цепи (рис. 5-3); в) ограничивающие диоды (рис. 5-4); г) последовательное соединение полупроводниковых приборов.

При последовательном соединении приборов напряжения на них выравниваются с помощью конденсаторов (рис. 5-5) или шунтирующих сопротивлений (рис. 5-6 и 5-7), или трансформатора с несколькими одинаковыми обмотками (рис. 5-8).

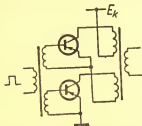


Рис. 5-8. Выравнивание импульсных напряжений на транзисторах с помощью трансформатора с одинаковыми обмотками.

Для защиты полупроводниковых приборов от перегрузок по току рекомендуется включать токоограничивающие сопротивления последовательно с выводами эмиттера и коллектора. Запрещается ограничивать ток включенным сопротивлением в цепи базы. Необходимо твердо помнить правило: *большое сопротивление в цепи эмиттера и малое сопротивление*

в цепи базы всегда являются необходимым условием устойчивой и надежной работы транзистора.

5-2. Правила установки и крепления полупроводниковых приборов в аппаратуре

Крепление полупроводниковых приборов не должно нарушать герметичности корпуса прибора. Особенно бережно надо обращаться со стеклянными изоляторами выводов. Изгиб выводов должен производиться так, чтобы не допускать деформации выводов и образования трещин в стеклянных изоляторах (рис. 5-9). Изгиб выводов необходимо производить на расстояниях не менее 10 мм от корпуса прибора, если иное не указано в ТУ.

Крепление транзисторов и мощных диодов следует производить за корпус с использованием всех точек и средств крепления, предусмотренных ТУ (болты, отверстия, специальные фланцы); запрещается изгибать жесткие выводы у мощных полупроводниковых приборов, так как это неизбежно приводит к появлению трещин в стеклянных изоляторах.

Необходимо предусмотреть надежный тепловой контакт корпуса полупроводниковых приборов с теплоотводом, а также свободную конвекцию окружающего воздуха; не допускать механических резонансов в диапазоне частот, предусмотренных в ТУ на приборы и аппаратуру в целом.

Нельзя располагать полупроводниковые приборы вблизи элементов схемы (мощных ламп и сопротивлений, силовых трансформаторов питания и дросселей), в которых при работе выделяется значительное тепло. Температура вблизи корпусов этих элементов может значительно превышать среднюю температуру внутри устройства.

Запрещается также располагать полупроводниковые приборы в сильном магнитном поле постоянных магнитов или мощных трансформаторов и дросселей.

На выводы прибора, помещенного в магнитное поле, при прохождении тока действуют механические силы. Величины и характер этих сил могут оказаться разрушительными для тех частей соединительных проводников, которые располагаются внутри корпуса прибора и изготавливаются иногда из проволоки очень малого диаметра (например, в сверхвысокочастотных транзисторах).

Способы присоединения выводов полупроводниковых приборов в схеме. Большинство типов полупроводниковых приборов (кроме СВЧ) рассчитано на применение паяных соединений выводов с элементами схем.

Как правило, пайка выводов должна производиться на расстоянии 10 мм от корпуса (если в ТУ не оговорено иное).

Необходимо осуществлять теплоотвод между корпусом полупроводниковых приборов и местом пайки. Следует помнить, что полупроводниковые приборы необратимо разрушаются даже при кратковременном на-

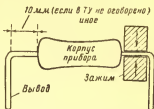


Рис. 5-9. Способ изгиба выводов диода.

гревании до температуры свыше $+150^{\circ}\text{C}$. Вследствие этого для пайки следует использовать припой с температурой плавления, указанной в ТУ на прибор. Обычно температура плавления не должна превышать $+260^{\circ}\text{C}$ (например, припой ПОС-40). Необходимо, чтобы паяльник не перегревался, его температура поддерживалась на заданном уровне и могла контролироваться. Корпус паяльника должен быть заземлен. Время пайки должно быть минимальным.

Необходимо защищать корпус и изоляторы выводов полупроводниковых приборов от попадания на них паров и брызг паяльного флюса. Недопустимо попадание жидкости на полупроводниковые приборы при промывке паяных соединений.

Установлено, что иногда возможны повреждения полупроводниковых приборов при разрядах, которые вызываются электризацией изолированных предметов (в том числе тела оператора). Работая с аппаратурой, необходимо защищать полупроводниковые приборы от электрических разрядов (заземление изолированных тел).

Базовые выводы транзисторов необходимо присоединять в схему первыми и отключать последними. *Запрещается подавать напряжение на транзистор, базовый вывод которого отключен.*

Запрещается монтаж и установка СВЧ приборов при воздействии на них внешних полей мощных СВЧ генераторов. Перед установкой СВЧ приборов в аппаратуру последняя должна быть заземлена.

Присоединение выводов полупроводниковых приборов методом точечной электросварки допускается лишь в случае, когда это оговаривается в ТУ. При этом должны предусматриваться меры, гарантирующие полную защиту полупроводниковых приборов от протекания по ним токов во время сварки (за пределами области сварки).

Запрещается крепить СВЧ приборы и присоединять их выводы с помощью пайки или сварки.

Контроль полупроводниковых приборов в схеме. Опыт работы показывает, что большая часть повреждений полупроводниковых приборов происходит во время проверки их, при наладке и контроле схем.

Наконечники проводов измерительных приборов должны иметь конструкцию, гарантирующую от случайных замыканий цепей в схемах.

При настройке не следует подавать сигналы между выводами транзисторов и диодов от генераторов с малым внутренним сопротивлением; через приборы могут при этом протекать большие токи, превышающие предельные.

Недопустима проверка схем на полупроводниковых приборах с помощью омметров или других приборов, дающих токи в измеряемую цепь, так как при этом возможны повреждения транзисторов и диодов, особенно маломощных диодов СВЧ, очень чувствительных к перегрузкам.

Замена транзисторов и диодов при ремонте. Замена транзисторов, диодов и других элементов при ремонте должна производиться только при выключении источников питания. Необходимо проверять исправность и измерять параметры извлеченных из схем приборов, фиксируя результаты в установленном порядке.

Механические и климатические условия работы транзисторов и диодов. Запрещается эксплуатировать транзисторы и диоды в условиях внешних воздействий, превышающих нормы ТУ, или в условиях, являющихся предельно допустимыми.

При работе в условиях тропического климата следует применять меры для защиты транзисторов и диодов от коррозии.

В микромодульных схемах, а также при заливке плат с полупроводниковыми приборами компаундами, пенопластами или пенорезиной нужно тщательно следить за тепловыми режимами. Необходимо учитывать при этом изменение теплового сопротивления между корпусом полупроводникового прибора и окружающей средой, а также возможность увеличения дополнительного нагрева полупроводникового прибора от расположенных вблизи других радиодеталей (например, сопротивлений) в условиях повышенной теплопроводности среды.

Температура при заливке не должна превышать максимальной температуры корпуса прибора, указанной в ТУ. При заливке не должны возникать механические нагрузки на выводы, нарушающие целостность

стеклянных изоляторов, как это может иметь место при полимеризации эпоксидных смол.

Хранение и транспортировка транзисторов и диодов. Полупроводниковые приборы должны храниться в заводской упаковке или вмонтированными в аппаратуру. Помещение, в котором находится аппаратура или стеллажи с хранящимися полупроводниковыми приборами, должно отапливаться и иметь относительную влажность не более 50—65%. Температура воздуха должна быть не ниже $+5$ и не выше $+40^{\circ}\text{C}$. В помещении, где хранятся транзисторы и диоды, недопустимо проникновение паров кислот, щелочей и других химических продуктов.

Особые условия хранения для некоторых видов аппаратуры оговариваются специальными ТУ (например, хранение аппаратуры в полевых условиях).

Механические нагрузки и климатические условия при хранении и транспортировке полупроводниковых приборов не должны превышать норм, установленных ТУ для эксплуатации этих приборов.

Категорически запрещается даже кратковременное хранение СВЧ диодов без защитных патронов.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ

РАЗДЕЛ ШЕСТОЙ ДИОДЫ ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫЕ

6-1. Диоды германиевые сплавные Д7Б, Д7Г, Д7Д, Д7Е, Д7Ж

Предназначены для выпрямления переменного тока частотой до 20 кГц.

Оформлены в металлическом сварном корпусе.

Вес без радиатора не более 1,4 г.

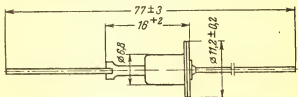


Рис. 6-1. Габаритный чертеж диодов Д7Б—Д7Ж.

Электрические параметры

Параметры	Тип диода				
	Д7Б	Д7Г	Д7Д	Д7Е	Д7Ж
Максимальное обратное напряжение $U_{обр. макс.}$, в	100	200	300	350	400
Прямое падение напряжения $U_{пр.}$, в	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Параметры	Тип диода				
	Д7В	Д7Г	Д7Д	Д7Е	Д7Ж
Выпрямленный ток $I_{\text{выпр}}$ (среднее значение), <i>ма</i> . .	300	300	300	300	300
Среднее значение обратного тока $I_{\text{обр. ср.}}$ <i>мкА</i>	100	100	100	100	100

Примечания. 1. Приведены наибольшие значения параметров при температуре $+20^{\circ}\text{C}$.

2. Жирным шрифтом выделен классификационный параметр.

Предел ьные эксплуатационные данные

Интервал рабочих температур от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$.
Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$
до 98%.

Атмосферное давление от 5 *мм рт. ст.* до 2 *ат.*

Постоянные и ударные ускорения до 150 *g*.

Вибрационные ускорения до 12 *g* в диапазоне частот от 10 до 600 *гц*.

Срок службы не менее 5 000 ч.

Указания по эксплуатации

На частотах до 2,4 *кГц* диоды работают без снижения выпрямленного тока. При неизменной величине подводимого переменного напряжения и сопротивления нагрузки выпрямленное напряжение снижается на 20% на частоте 10 *кГц* и на 50% на частоте 20 *кГц* по сравнению со значением выпрямленного напряжения на частоте 2,4 *кГц*.

Допускается работа диодов на емкостную нагрузку при условии, что суммарная амплитуда обратного напряжения на диоде не превышает допустимого значения обратного напряжения для данной группы, а среднее значение тока через диод не превышает 50% от выпрямленного тока.

Допускается последовательное и параллельное соединение диодов. Последовательное соединение производится при условии шунтирования каждого диода сопротивлением 100 ком на каждые 100 в напряжения.

При работе в номинальном режиме и нормальной температуре допускаются однократные перегрузки диодов по прямому току 1 а в течение не более 0,1 сек .

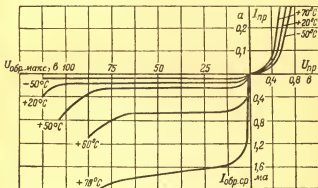


Рис. 6-2. Статические вольт-амперные характеристики диода Д7В при различных температурах окружающей среды.

Для повышения надежности диодов рекомендуется снижать обратное напряжение на 20% относительно его предельного значения.

Диоды припаиваются к элементам схем паяльником мощностью 60 вт в течение не более 2 сек на расстоянии не ближе 10 мм от корпуса с обязательным теплоотводом между местом пайки и корпусом диода. Применение кислотных флюсов не допускается.

В устройствах диоды следует располагать так, чтобы они хорошо охлаждались и не подвергались дополнительному подогреву сверх $+70^\circ\text{C}$ со стороны других элементов.

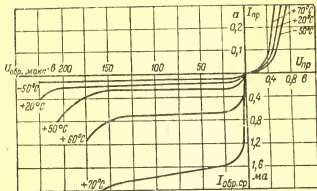


Рис. 6-3. Статические вольт-амперные характеристики диода Д7Г при различных температурах окружающей среды.

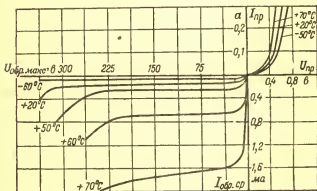


Рис. 6-4. Статические вольт-амперные характеристики диода Д7Д при различных температурах окружающей среды.

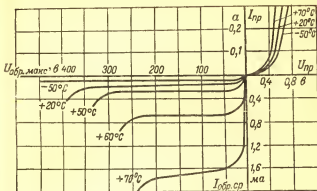


Рис. 6-5. Статические вольт-амперные характеристики диода Д7Е при различных температурах окружающей среды.

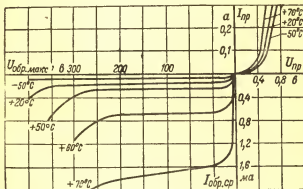


Рис. 6-6. Статические вольт-амперные характеристики диода Д7Ж при различных температурах окружающей среды.

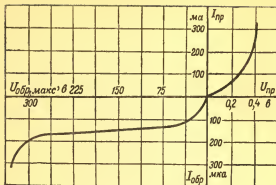


Рис. 6-7. Вольт-амперные характеристики диода Д7Д при температуре окружающей среды $+20^{\circ}\text{C}$.

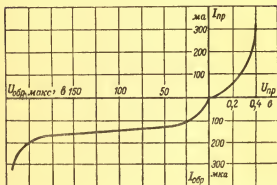


Рис. 6-8. Вольт-амперные характеристики диода Д7Г при температуре окружающей среды $+20^{\circ}\text{C}$.

6-2. Диоды кремниевые сплавные Д202, Д203, Д204, Д205

Предназначены для выпрямления переменного тока в радио-и электротехнической аппаратуре.

Оформлены в металлическом герметичном корпусе с винтом для крепления на теплоотводящем радиаторе.

Вес диода не более 7,2 г.

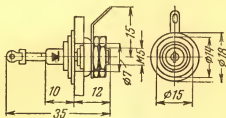


Рис. 6-9. Габаритный чертеж диодов Д202—Д205.

Электрические параметры

Параметры	Тип диода			
	Д202	Д203	Д204	Д205
Максимальное обратное напряжение $U_{обр. макс}$ (не более), в	100	200	300	400
Среднее значение обратного тока $I_{обр. ср}$ (не более), мка	500	500	500	500
Прямое падение напряжения $U_{пр}$, в	1	1	1	1
Выпрямленный ток $I_{выпр}$ (не более), ма	400	400	400	400

Примечания: 1. Параметры приведены при температуре окружающей среды от -60 до $+125^{\circ}\text{C}$.

2. Величины выпрямленного тока и обратного напряжения измерены в схеме однопериодного выпрямления при работе на активную нагрузку.

3. Для повышения надежности диодов при их эксплуатации рекомендуется снижать величину $U_{обр}$ на 20% относительно ее максимального значения.

4. Жирным шрифтом выделен классификационный параметр.

Предельные эксплуатационные данные

Интервал рабочих температур от -60 до $+125^{\circ}\text{C}$.
Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$ до 98%.

Атмосферное давление от 5 мм рт. ст. до 2 ат.
Вибрационные ускорения до 12 g в диапазоне частот от 10 до 1 000 гц.

Постоянные и ударные ускорения до 150 g.
Срок службы не менее 5 000 ч.

Указания по эксплуатации

До частоты 20 кгц диоды работают без снижения выпрямленного тока.

Допускается последовательное соединение диодов.

Каждый из последовательно соединенных диодов рекомендуется шунтировать выравнивающим сопротивлением порядка 70 ком на 100 в обратного напряжения (амплитудного значения).

Диоды одного и того же типа могут быть соединены параллельно. При параллельном соединении диодов последовательно с каждым из них должно быть присоединено сопротивление. Для снятия с двух параллельно соединенных диодов тока 600 ма необходимо подключить сопротивление 5 ом, для снятия 800 ма — 8 ом.

Максимально допустимый перегрев обесточенного диода $+135^{\circ}\text{C}$.

При работе в предельном режиме диоды должны быть укреплены на шасси, изготовленном из алюминия толщиной не менее 1 мм, причем площадь шасси, приходящаяся на один диод, должна быть не менее 40 см². Допускается применение любого другого дополнительного теплоотвода, при котором температура корпуса диода не превышает $+135^{\circ}\text{C}$.

При работе диодов в выпрямительных схемах в первое время после их включения обратный ток может несколько увеличиться вследствие инерции прогрева диода и шасси, к которому он прикреплен. Это, однако, не является признаком неустойчивой работы диода.

При монтаже запрещается изгибать верхний лепесток по отношению к оси диода.

Диоды припаиваются к элементам схем без применения кислотных флюсов паяльником мощностью 60 вт

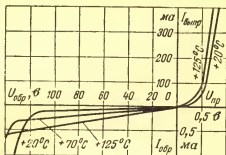


Рис. 6-10. Вольт-амперные характеристики диода Д202 при различных температурах окружающей среды.

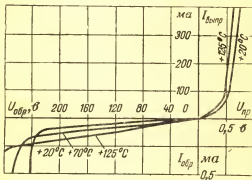


Рис. 6-11. Вольт-амперные характеристики диода Д203 при различных температурах окружающей среды.

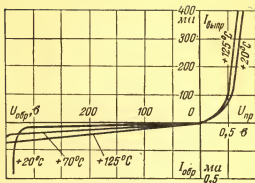


Рис. 6-12. Вольт-амперные характеристики диода Д204 при различных температурах окружающей среды.

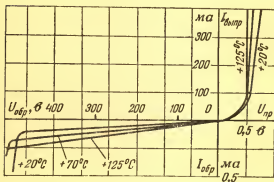


Рис. 6-13. Вольт-амперные характеристики диода Д205 при различных температурах окружающей среды.

6-3. Дноды кремниевые сплавные Д206, Д207, Д208, Д209, Д210, Д211

Предназначены для выпрямления переменного тока в радиоэлектронной и электротехнической аппаратуре. Оформлены в металlostеклянном корпусе с гибкими выводами.

Вес не более 2 г.

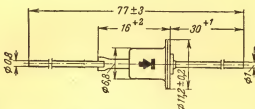


Рис. 6-14. Габаритный чертеж диодов Д206—Д211.

Электрические параметры

Параметры	Тип диода					
	Д206	Д207	Д208	Д209	Д210	Д211
Прямое падение напряжения $U_{пр}$ (не более), в: при +20, +120 и -60°С	1	1	1	1	1	1
Максимальное обратное напряжение $U_{обр. макс.}$, в: при +120, -60°С	100	200	300	400	500	600
Среднее значение обратного тока $I_{обр. ср}$ (не более), мка: при +20°С	50	50	50	50	50	50
при +120 и -60°С	100	100	100	100	100	100
Выпрямленный ток $I_{выпр}$, ма: при +20, +120 и -60°С	100	100	100	100	100	100

Примечание. Жирным шрифтом выделен классификационный параметр.

Предельные эксплуатационные данные

Интервал рабочих температур от -60 до $+120^{\circ}\text{C}$.
Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$
до 98%.

Атмосферное давление от 5 мм рт. ст. до 3 ат.

Постоянные ускорения и многократные удары
с ускорением до 150 g.

Вибрации в диапазоне частот от 5 до 2 000 гц с ускоре-
нием до 15 g.

Одиночные удары с ускорением до 500 g.

Срок службы не менее 5 000 ч.

Указания по эксплуатации

Диоды работают устойчиво без снижения парамет-
ров на частотах до 1 кГц во всем интервале рабочих
температур. Допускается работа диодов на частотах
свыше 1 кГц при условии, что величина обратного тока
в режимах, не превышающих максимальные, не будет
более 500 мка.

Допускается параллельное соединение диодов од-
ной и той же группы. При этом не должен перегружать-
ся любой параллельно подключенный диод по выпрям-
ленному току.

Диоды могут быть соединены последовательно без
специального подбора; каждый из последовательно
соединенных диодов рекомендуется шунтировать вырав-
нивающей емкостью.

Диоды могут подвергаться однократным перегруз-
кам по амплитуде выпрямленного тока, не превышаю-
щим 6-кратного значения среднего тока.

Обесточенный диод может быть нагрет до темпера-
туры не свыше 150°C .

Диоды соединяются с элементами схем при помощи
пайки, сварки или другими способами, при которых
нагрев диода не должен превышать $+150^{\circ}\text{C}$ в течение
3—5 сек. Изгиб вывода диода производится на рас-
стоянии не менее 3 мм от корпуса.

При давлении ниже 41 мм рт. ст. диоды Д209,
Д210 и Д211 должны заливаться изолирующими мате-
риалами.

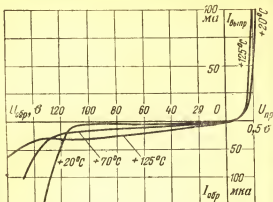


Рис. 6-15. Вольт-амперные характеристики диода Д206 при различных температурах окружающей среды.

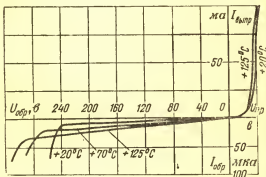


Рис. 6-16. Вольт-амперные характеристики диода Д207 при различных температурах окружающей среды.

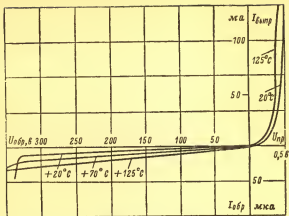


Рис. 6-17. Вольт-амперные характеристики диода Д208 при различных температурах окружающей среды.

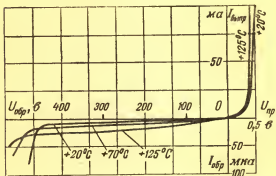


Рис. 6-18. Вольт-амперные характеристики диода Д209 при различных температурах окружающей среды.

6-4. Диоды кремниевые сплавные Д217, Д218

Предназначены для работы в выпрямительных схемах.

Оформлены в металлическом сварном корпусе с гибкими выводами.

Вес диода не более 2 г.

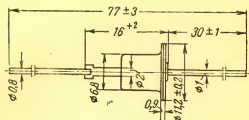


Рис. 6-19. Габаритный чертеж диодов Д217, Д218.

Электрические параметры

Параметры	Тип диода	
	Д217	Д218
Прямое падение напряжения $U_{пр}$ (не более), в:		
при $+20, +120^{\circ}\text{C}$	0,7	0,7
при -60°C	1	1
Максимальное обратное напряжение $U_{обр. макс}$ в:		
при $+20, +120, -160^{\circ}\text{C}$	800	1 000
Среднее значение обратного тока $I_{обр. ср}$ (не более), мка:		
при $+20, -60^{\circ}\text{C}$	50	50
при $+120^{\circ}\text{C}$	150	150
Выпрямленный ток $I_{выпр}$ ма:		
при $+20$ и -60°C	100	100
при $+120^{\circ}\text{C}$	50	50

Примечания: 1. Выпрямленный ток и обратное напряжение измерены на частоте 50гц в режиме однополупериодного выпрямления при работе на активную нагрузку.

2. Жирным шрифтом выделен классификационный параметр.

Предел ьные эксплуатационные д а н н ы е

Интервал рабочих температур от -60 до $+120^{\circ}\text{C}$.
Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$
до 98%.

Постоянные ускорения и многократные удары с ускорением до 150 *g*.

Вибрации в диапазоне частот от 5 до 2 000 *гц* с ускорением до 15 *g*.

Одиночные удары с ускорением до 1 000 *g*.

Атмосферное давление от 5 *мм рт. ст.* до 3 *ат.*

Срок службы не менее 10 000 ч.

У к а з а н и я п о э к с п л у а т а ц и и

Диоды работают устойчиво без снижения режимов на частотах до 1 *кГц*. Допускается работа диодов на частотах свыше 1 *кГц* при условии, что величина обратного тока в режимах, не превышающих максимальные, не будет более 500 *мкА*.

Допускается параллельное соединение диодов одной и той же группы, при этом последовательно с каждым из них следует подключать сопротивление 5 *ом*.

Диоды могут быть соединены последовательно, причем каждый из последовательно соединенных диодов рекомендуется шунтировать выравнивающей емкостью.

Допускается работа диодов на емкостную нагрузку при условии, что амплитуда обратного напряжения на диодах не превышает предельного значения обратного напряжения, а эффективное значение тока через диоды не превышает 1,57 от номинального значения выпрямленного тока.

Диоды могут подвергаться однократным перегрузкам по амплитуде выпрямленного тока, не превышающим 6-кратного значения среднего тока.

Обесточенный диод может быть нагрет до температуры не свыше $+150^{\circ}\text{C}$.

Вследствие некоторой инерции при прогреве диодов в первое время после их включения в выпрямительную схему обратный ток может несколько увеличиться, оставаясь, однако, в пределах допустимого.

Диоды соединяются с элементами схем при помощи пайки, сварки или другими способами, при которых

нагрев диода не превышает $+150^{\circ}\text{C}$ в течение 3—5 сек. Изгиб вывода диода производится на расстоянии не менее 3 мм от корпуса.

При давлении ниже 41 мм рт. ст. диоды должны заливаться изолирующими материалами.

6-5. Диоды кремниевые сплавные Д226, Д226А, Д226В, Д226Г, Д226Д, Д226Е¹

Предназначены для работы в выпрямительных схемах. (Могут применяться вместо диодов Д7Б — Д7Ж в схемах, где величина прямого падения напряжения не является критической.)

Оформлены в металлическом сварном корпусе с гибкими выводами.

Вес диода 2 г.

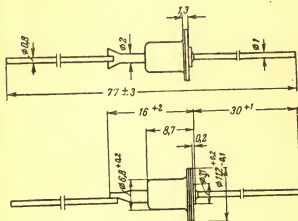


Рис. 6-20. Габаритный чертеж диодов Д226—Д226Е.

¹ Диоды Д226В, Д226Г, Д226Д в настоящее время не выпускаются.

Электрические параметры

Параметры	Тип диода					
	Д226	Д226А	Д226Е	Д226В	Д226Г	Д226Д
Прямое падение напряжения $U_{пр}$, в:						
при $+20$ и -60°C	1	1	1	1	1	1
Максимальное обратное напряжение $U_{обр. макс}$ (не более), в:						
при $+20$ и -60°C	400	300	400	300	290	100
Обратный ток $I_{обр}$ (не более), мка;						
при $+20$ и -60°C	30	30	100	100	100	100
при $+80^{\circ}\text{C}$	100	100	300	300	300	300
Выпрямленный ток $I_{выпр}$ (не более), ма:						
при $+20$ и -60°C	300	300	300	300	300	300
при $+80^{\circ}\text{C}$	250	250	250	250	250	250

Примечание. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.

Предельные эксплуатационные данные

Интервал рабочих температур от -60 до $+125^{\circ}\text{C}$.
Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$ до 98%.

Атмосферное давление от 5 мм рт. ст. до 2 ат.

Постоянные и ударные ускорения до 150 g.

Вибрационные ускорения до 15 g в диапазоне частот от 10 до 2 000 гц.

Срок службы не менее 5 000 ч.

Указания по эксплуатации

В номинальном режиме при нормальной температуре допускаются однократные перегрузки по выпрямленному току в 1 а в течение 0,1 сек.

Допускается работа диодов на емкостную нагрузку при условии, что суммарная амплитуда обратного напряжения на диоде не превышает максимального значения обратного напряжения для данной группы, а действующее значение тока через диод не превышает 1,57 от номинального среднего значения выпрямленного тока.

С целью повышения надежности диодов рекомендуется при их эксплуатации снижать обратное напряжение относительно его предельного значения на 20%.

При работе в выпрямительных схемах в первое время после включения диодов обратный ток может несколько возрасти вследствие инерции прогрева диода. Это, однако, не является признаком неустойчивой работы.

Диоды одного и того же типа могут быть соединены параллельно. При параллельном соединении диодов последовательно с каждым из них должно быть присоединено сопротивление. Для снятия с двух параллельно подключенных диодов тока 600 мА необходимо подключить последовательно с каждым из них сопротивление 5 Ом.

Допускается последовательное соединение диодов. Каждый из последовательно соединенных диодов рекомендуется шунтировать выравнивающим сопротивлением порядка 100 Ом на каждые 100 В обратного напряжения (амплитудного значения).

Перегрев обесточенного диода не должен быть более +125° С. В устройствах диоды следует располагать так, чтобы они хорошо охлаждались и не подвергались дополнительному подогреву со стороны других элементов.

Диоды припаиваются к элементам схем паяльником мощностью 60 Вт на расстоянии не ближе 10 мм от корпуса в течение не более 2 сек. Применение кислотных флюсов не разрешается.

При эксплуатации в условиях вибраций, тряски и ускорений диоды необходимо крепить за корпус.

6-6. Диоды кремниевые сплавные Д231, Д231А, Д231Б, Д231П, Д231АП, Д231БП, Д232, Д232А, Д232Б, Д232П, Д232АП, Д232БП, Д233, Д233Б, Д233П, Д233БП, Д234Б, Д234БП

Предназначены для выпрямления переменного тока частотой 50 Гц в радиоэлектронной и электротехнической аппаратуре.

Оформлены в металлическом герметичном сварном корпусе со стеклянным изолятором и болтом для крепления.

Вес не более 18 г.

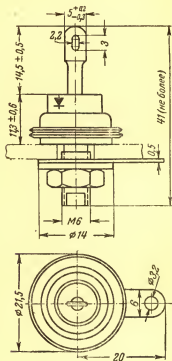


Рис. 6-21. Габаритный чертеж диодов Д231—Д234БП.

Электрические параметры

Параметры	Тип диода									
	Д231 Д231П	Д231А Д231АП	Д231Б Д231БП	Д232 Д232П	Д232А Д232АП	Д232Б Д232БП	Д233 Д233П	Д233Б Д233БП	Д234Б Д234БП	
Максимальный выпрям- ленный ток $I_{\text{выпр. макс.}}$										
а:										
при $-60, +25^{\circ}\text{C}$. .	10	10	5	10	10	5	10	5	5	
при $+130^{\circ}\text{C}$	5	10	2	5	10	2	5	2	2	
Прямое падение напря- жения $U_{\text{пр}}$ (не более).										
в:										
от -60 до $+75^{\circ}\text{C}$	1	1	1,5	1	1	1,5	1	1,5	1,5	
Максимальное обрат- ное напряжение										
$U_{\text{обр. макс.}}$ в:										
от -60 до $+120^{\circ}\text{C}$	300	300	300	400	400	400	500	500	600	
Обратный ток $I_{\text{обр}}$ (не бо- лее), мА:										
при $-60, +25,$										
$+130^{\circ}\text{C}$	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
при $+75^{\circ}\text{C}$	3	—	3	3	—	3	3	3	3	

Примечания: 1. Диоды с индексом П имеют обрат-
ную полярность.

2. Параметры измерены в однофазной однополупериод-
ной схеме выпрямления с активной нагрузкой при синусо-
идальном напряжении частотой 50 гц.

3. Для повышения надежности диодов при их эксплуата-
ции рекомендуется снижать величину $U_{\text{обр}}$ на 20% относи-
тельно ее максимального значения.

4. Жирным шрифтом выделены классификационные пара-
метры.

Предельные эксплуатационные данные

Интервал рабочих температур

от -60 до $+130^{\circ}\text{C}$ для всех типов.

Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$
до 98%.

Атмосферное давление от 5 мм рт. ст. до 3 ат.

Постоянные и ударные ускорения до 150 g.

Вибрационные ускорения до 20 *g* с амплитудой не более 1,5 мм в диапазоне частот от 50 до 2 000 *гц*. Срок службы не менее 5 000 ч.

Указания по эксплуатации

Надежная работа днодов в номинальном режиме возможна только при плотном креплении их к теплоотводящему радиатору или к любому другому теплоотводу, при котором температура корпуса днода не будет превышать +130° С. Допускается применение принудительного охлаждения.

В интервале температур корпуса днода от +75 до +130° С выпрямленный ток снижается линейно.

Теплоотводящий радиатор или другой теплоотвод могут быть рассчитаны с учетом того, что днод является точечным источником тепла, рассеивающим мощность, численно равную $2 I_{\text{ср}} \text{ вт}$, где $I_{\text{ср}}$ — среднее значение выпрямленного тока при наибольшей температуре корпуса.

Теплоотводящий радиатор можно подобрать и опытным путем на любом дноде, включенном в однофазную однополупериодную схему выпрямления с активной нагрузкой.

Температура корпуса днода измеряется при помощи термопары хромель-алюмель или медь-константан с диаметром провода не более 0,2 мм. Термопара зажимается между днодом и радиатором вплотную к винту. Между термопарой и радиатором помещается прокладка из свинца или его сплавов толщиной 0,3 мм.

При монтаже днода в схему запрещается прилагать к его изолированному выводу усилия, превышающие 1 кг, чтобы не повредить стеклянный изолятор.

Монтажные провода могут припаиваться к верхнему выводу при температуре не более +250° С.

При последовательном соединении днодов с целью увеличения выпрямленного напряжения рекомендуется шунтировать днод сопротивлением 10—15 *ком* на каждые 100 в обратного напряжения (амплитудного значения).

В первое время после включения днода обратный ток может несколько увеличиться вследствие прогрева днода и теплоотводящего радиатора. Это, однако, не является признаком неустойчивой работы днода.

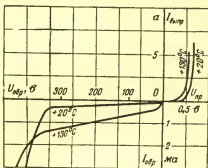


Рис. 6-22. Вольт-амперные характеристики диода Д231 при различных температурах окружающей среды.

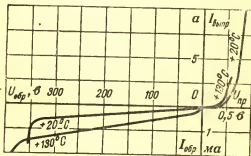


Рис. 6-23. Вольт-амперные характеристики диода Д231Б при различных температурах окружающей среды.

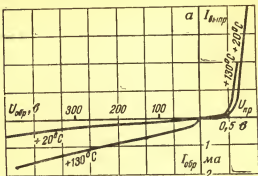


Рис. 6-24. Вольт-амперные характеристики диода Д232 при различных температурах окружающей среды.

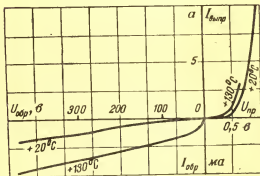


Рис. 6-25. Вольт-амперные характеристики диода Д232Б при различных температурах окружающей среды.

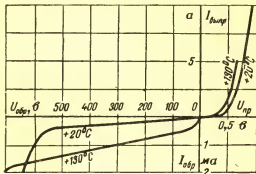


Рис. 6-26. Вольт-амперные характеристики диода Д233 при различных температурах окружающей среды.

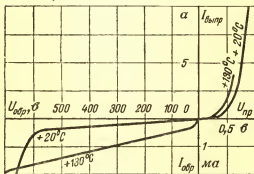


Рис. 6-27. Вольт-амперные характеристики диода Д233Б при различных температурах окружающей среды.

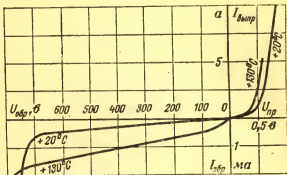


Рис. 6-28. Вольт-амперные характеристики диода Д234Б при различных температурах окружающей среды.

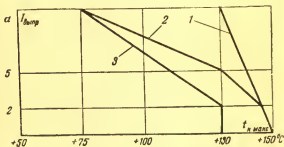


Рис. 6-29. Кривые снижения допустимого выпрямленного тока в зависимости от температуры корпуса диодов: 1—для Д231А, Д231АП, Д232А, Д232АП; 2—для Д231, Д231П, Д232, Д232П, Д233, Д233П; 3—для Д231Б, Д231БП, Д232Б, Д232БП, Д233Б, Д233БП, Д234Б, Д234БП.

6-7. Дноды кремниевые сплавные Д242, Д242П, Д242А, Д242АП, Д242Б, Д242БП, Д243, Д243П, Д243А, Д243АП, Д243Б, Д243БП, Д244, Д244П, Д244А, Д244АП, Д244Б, Д244БП

Предназначены для выпрямления переменного тока частотой до 1 кгц.

Оформлены в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и винтом для крепления.

Вес диода не более 18 г.

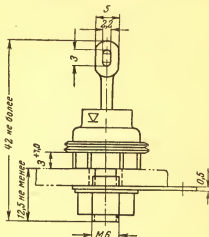
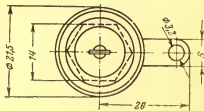


Рис. 6-30. Габаритный чертеж диодов Д242 — Д244БП.



Электрические параметры

Параметры	Тип диода								
	Д242 Д242П	Д242А Д242АП	Д242Б Д242БП	Д243 Д243П	Д243А Д243АП	Д243Б Д243БП	Д244 Д244П	Д244А Д244АП	Д244Б Д244БП
Максимальное обратное напряжение $U_{обр. макс.}$	100	100	100	200	200	200	50	50	50
Среднее значение прямого напряжения $U_{пр. ср.}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Среднее значение обратного тока $I_{обр. ср.}$	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Выпрямленный ток $I_{выпр.}$ (среднее значение), а	5	10	2	5	10	2	5	10	2

Примечания: 1. Параметры приведены при температуре окружающей среды от -60 до $+125^{\circ}\text{C}$.

2. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.

3. Диоды с индексом П имеют обратную полярность.

Предельные эксплуатационные данные
 Интервал рабочих температур от -60 до $+125^{\circ}\text{C}$.
 Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$ до 98%.

Атмосферное давление от 5 мм рт. ст. до 2 ат.

Постоянные и ударные ускорения до 150 g.

Вибрация с ускорением до 10 g в диапазоне частот от 10 до 1000 гц.

Указания по эксплуатации

При повышенных требованиях к надежности диодов рекомендуется снижать подводимое напряжение на 20% по сравнению с максимальным.

При последовательном соединении параллельно каждому диоду должно быть включено сопротивление 10—15 ком на каждые 100 в амплитуды обратного напряжения.

Работа диодов в номинальном режиме гарантируется только при плотном креплении их на теплоотводящих алюминиевых радиаторах или шасси аппаратуры.

Ориентировочные размеры радиаторов в зависимости от токов нагрузки и рабочей температуры

Выпрямленный ток (среднее значение), а	Площадь алюминиевого радиатора при температуре окружающей среды (не более), см ²		Толщина радиатора (не менее), мм
	до +25° С	до +125° С	
2—5 10	25 50	100 200	3 3

В первое время после включения диода обратный ток может несколько увеличиться из-за прогрева диода и теплоотводящего радиатора, что не является признаком неустойчивости работы прибора.

Монтажные провода припаяются к выводам диодов. Температура места пайки не должна превышать +150° С.

При монтаже диода в схемах запрещается прикладывать к его наконечнику усилия, превышающие 1 кг, так как это может привести к нарушению прочности стеклянного изолятора.

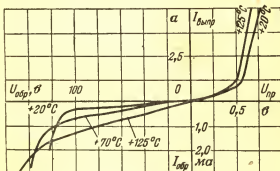


Рис. 6-3 Р. Вольт-амперные характеристики диода Д242 при различных температурах окружающей среды.

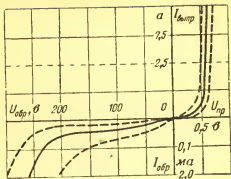


Рис. 6-32. Вольт-амперные характеристики диода Д242 при температуре окружающей среды $+20^{\circ}\text{C}$.

— типовой зависимости; - - - границы, в которые укладываются 80% выпускаемых диодов.

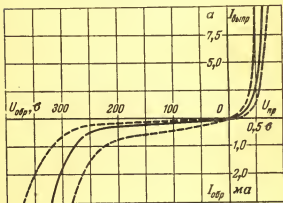


Рис. 6-33. Вольт-амперные характеристики диода Д243А при температуре окружающей среды $+20^{\circ}\text{C}$.

6-8. Диоды германиевые сплавные Д302, Д303,
Д304, Д305

Предназначены для выпрямления переменного тока частотой 50 гц.

Диоды оформлены в металлическом сварном герметизированном корпусе с винтом и гайкой для крепления на теплоотводящем шасси.

Вес диода без радиатора не более 25 г.

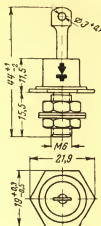


Рис. 6-34. Габаритный чертеж диодов Д302—Д305.

Электрические параметры

Параметры	Тип диода			
	Д302	Д303	Д304	Д305
Выпрямленный ток $I_{\text{выпр}}$ (не более), а	1	3	5	10
Максимальное обратное напряжение $U_{\text{обр. макс.}}$, в . . .	200	150	100	50

Параметры	Тип диода			
	Д302	Д303	Д304	Д305
Среднее значение обратного тока $I_{обр. ср}$ (не более), <i>ма</i> :				
при $+20^{\circ}C$	1	1	3	3
при $+50^{\circ}C$	2	3	5	10
при $+70^{\circ}C$	5	6	15	25
Обратный ток $I_{обр}$ (при температуре $+20^{\circ}C$), <i>ма</i>	0,8	1	2	2,5
Среднее значение прямого напряжения $U_{пр. ср}$ (не более), <i>в</i> :				
при $+20^{\circ}C$	0,25	0,3	0,3	0,3
при $-60^{\circ}C$	0,55	0,6	0,8	1

Примечания: 1. При атмосферном давлении 5 мм рт. ст. выпрямленный ток для диодов Д304 равен 3,5 а, для Д305 — 3 а.

2. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.

Предел ьные эксплуатационные д а н н ы е

Интервал рабочих температур от -60 до $+70^{\circ}C$.
Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}C$
до 98%.

Атмосферное давление от 5 мм рт. ст. до 2 ат.
Вибрации в диапазоне частот от 10 до 1 000 гц с уско-
рением до 15 g.

Постоянные линейные ускорения до 150 g.

Ударные ускорения до 120 g.

Срок службы не менее 5 000 ч.

Для повышения надежности работы диодов температура их корпуса не должна превышать $+80^{\circ}\text{C}$.

Допускается последовательное и параллельное соединение диодов. При последовательном соединении каждый диод должен шунтироваться сопротивлением величиной 10—15 ком.

Допускаются кратковременные (в течение 0,5 сек) перегрузки по току в момент включения диодов: 4-кратная для Д302, 1,5-кратная для Д303, 2,5-кратная для Д304, 2-кратная для Д305.

С целью повышения надежности приборов рекомендуется для всех типов диодов снижать обратное напряжение на 20% относительно максимального значения.

Припайка диодов производится без применения кислотных флюсов паяльником мощностью 50—60 вт с обязательным теплоотводом между местом пайки и оставшейся частью вывода.

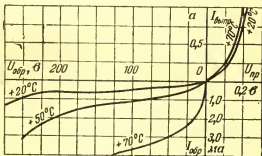


Рис. 6-35. Вольт-амперные характеристики диода Д302 при различных температурах окружающей среды.

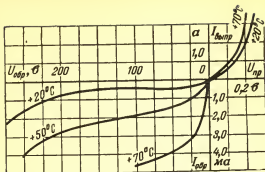


Рис. 6-36. Вольт-амперные характеристики диода Д303 при различных температурах окружающей среды.

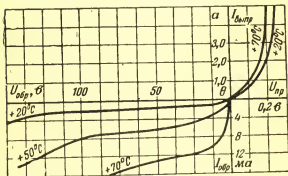


Рис. 6-37. Вольт-амперные характеристики диода Д304 при различных температурах окружающей среды.

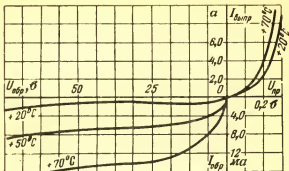


Рис. 6-38. Вольт-амперные характеристики диода Д305 при различных температурах окружающей среды.

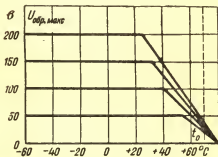


Рис. 6-39. Зависимость максимального обратного напряжения диодов Д302—Д305 от температуры окружающей среды.

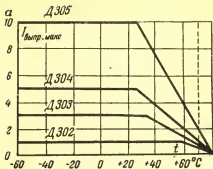


Рис. 6-40. Зависимость максимального выпрямленного тока диодов Д302—Д305 от температуры окружающей среды.

6-9. Диоды (столбы) кремниевые Д1004, Д1005А, Д1005Б, Д1006, Д1007, Д1008

Предназначены для работы в выпрямительных схемах.

Оформлены в прямоугольном пластмассовом корпусе и залиты полимеризованной смолой.

Вес столбов Д1004, Д1005А — 30,7 г, Д1005Б, Д1006, Д1007, Д1008 — 54,6 г.

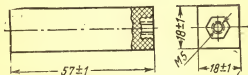


Рис. 6-41. Габаритный чертеж столбов Д1004, Д1005А.

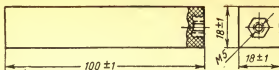


Рис. 6-42. Габаритный чертеж столбов Д1005, Д1006, Д1007, Д1008.

Электрические параметры

Параметры	Тип столба					
	Д1004	Д1005А	Д1005Б	Д1006	Д1007	Д1008
Амплитуда обратного напряжения $U_{обр. макс.}$, в:						
при $+20, +120$ и $-60^{\circ}C$	2 000	4 000	4 000	6 000	8 000	10 000
Прямое падение напряжения $U_{пр.}$, в:						
при $+20, и +120^{\circ}C$	5	5	10	10	10	10
при $-60^{\circ}C$	6	6	12	12	12	12
Выпрямленный ток $I_{выпр.}$, ма:						
при $+20$ и $-60^{\circ}C$	100	50	100	100	75	50
при $+100^{\circ}C$	60	30	60	60	40	30
при $+125^{\circ}C$	40	20	40	40	30	20
Обратный ток $I_{обр.}$ (средн. значение), мка:						
при $+20$ и $+80^{\circ}C$	100	100	100	100	100	100
при $+120^{\circ}C$	250	250	250	250	250	250

Примечания: 1. Выпрямленный ток и обратное напряжение измерены в режиме однопериодного выпрямления при работе на активную нагрузку на частоте 50 гц.

2. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.

Предельные эксплуатационные данные

Интервал рабочих температур от -60 до $+125^{\circ}\text{C}$.
Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$
до 98%.

Атмосферное давление от 5 мм рт. ст. до 2 ат.

Постоянные и ударные ускорения до 150 g.

Вибрации с ускорением до 15 g в диапазоне частот от 5
до 2 000 гц.

Срок службы 10 000 ч.

Указания по эксплуатации

Допускается работа столбов на емкостную нагрузку при условии, если амплитуда обратного напряжения не превышает максимального значения, а эффективное значение тока через столб не превышает 1,57 от номинального значения выпрямленного тока. Допускаются одноразовые 6-кратные перегрузки столбов по импульсу выпрямленного тока.

Столбы одной и той же группы могут быть соединены параллельно при условии, что выпрямленный ток через столб не превышает максимального значения.

При максимальном обратном напряжении до 50 кВ столбы одной и той же группы могут быть соединены последовательно. При этом каждый столб необходимо шунтировать емкостью, выбираемой по формуле

$$C_{\Pi} = 2,8 C_3 N^2,$$

где C_{Π} — шунтирующая емкость;

C_3 — емкость столбов относительно земли;

N — число последовательно соединенных столбов.

При монтаже столбов должны быть приняты меры, обеспечивающие электрическую прочность изоляции. Максимальная емкость столба относительно земли не должна превышать 3 пф. Под определением «земля» в данном случае подразумеваются все элементы, схемы, имеющие более низкий потенциал, чем у рассматриваемого столба.

При проектировании аппаратуры паразитная емкость столба относительно земли определяется путем расчета по формуле

$$C_3 = \varepsilon_0 S \left(\frac{\varepsilon_1}{d_1} + \frac{\varepsilon_2}{d_2} + \frac{\varepsilon_3}{d_3} + \frac{\varepsilon_4}{d_4} \right),$$

где $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} = \text{const}$;
 S — площадь боковой грани столба;
 d_1, d_2, d_3, d_4 — толщина слоя диэлектрика (от соответствующей грани столба до ближайшего элемента схемы);
 $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4$ — относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрика, прилегающего к соответствующей грани столба.

При монтаже столбов параллельно плоскости шасси для получения емкости относительно «земли» менее 3 пф воздушный промежуток между шасси и корпусом столба должен быть не менее 5 мм.

Рабочее положение столбов любое.

При конструировании аппаратуры целесообразно располагать столбы вертикально по отношению к шасси для уменьшения емкости относительно земли.

Температура корпуса столбов при их эксплуатации не должна превышать $+140^\circ \text{C}$. Допускается нагрев обстоиченного столба до температуры $+150^\circ \text{C}$.

В устройствах столбы следует располагать так, чтобы они хорошо охлаждались и не подвергались дополнительному подогреву со стороны других элементов.

В случае работы столбов в условиях затрудненного теплоотвода при повышенной температуре необходимо проверять температуру поверхности столбов и снижать величину выпрямленного тока, чтобы температура корпуса столба не превышала допустимой величины.

При давлениях ниже 400 мм рт. ст. выводы столбов и оголенные части подводящих проводов столба должны быть защищены изолирующими материалами для предотвращения пробоя по поверхности.

6-10. Диоды (столбы) кремниевые Д1009, Д1009А, Д1010, Д1010А, Д1011А

Предназначены для работы в выпрямительных схемах.

Оформлены в прямоугольном пластмассовом корпусе и залиты полимеризованной смолой.

Вес диодов: Д1009, Д1009А, Д1011А — 45 г;
 Д1010, Д1010А — 80 г.

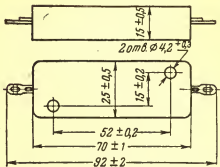


Рис. 6-43. Габаритный чертеж столба Д1009.

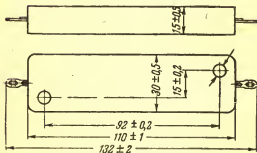


Рис. 6-44. Габаритный чертеж столба Д1010.

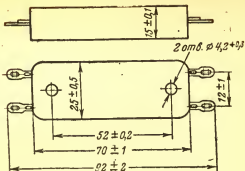


Рис. 6-45. Габаритный чертеж столбов Д1009А, Д1011А.

Электрические параметры

Параметры	Тип столба				
	Д1009	Д1009А	Д1010	Д1010А	Д1011А
Максимальное обратное напряжение $U_{обр. макс.}$	2 000	1 000	2 000	1 000	500
Прямое падение напряжения $U_{пр.}$	7	3,5	11	5,5	2,5
Выпрямленный ток $I_{выпр}$ (средн. знач.), ма	100	100	300	300	300
Обратный ток $I_{обр.}$ ма:					
при $+20^{\circ}C$	100	100	100	100	100
при $+80^{\circ}C$	300	300	300	300	300

Примечания: 1. Прямое падение напряжения и обратный ток измерены в схеме однополупериодного выпрямления при работе на активную нагрузку.

2. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.

Предельные эксплуатационные данные

Интервал рабочих температур от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$.
Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$ до 98%.

Атмосферное давление от 5 мм рт. ст. до 3 ат.

Постоянные ускорения до 150 g.

Вибрации с ускорением до 15 g в диапазоне частот от 5 до 2 000 гц.

Многократные удары с ускорением до 150 g с частотой от 20 до 100 ударов.

Одноразовые удары с ускорением до 500 g.

Срок службы не менее 5 000 ч.

Указания по эксплуатации

Допускается работа столбов на емкостную нагрузку при условии, что амплитуда обратного напряжения не превышает максимального значения, а эффективное значение тока через столб не превышает 1,57 от номинального значения выпрямленного тока.

Столбы Д1009 и Д1010 могут быть соединены последовательно или параллельно.

При амплитуде обратного напряжения до 6 кВ столбы можно включать последовательно без шунтирующих сопротивлений.

При напряжениях выше 6 кВ последовательное соединение разрешается только с шунтирующим сопротивлением не более 5 Мом. Корпуса последовательно соединенных столбов должны быть надежно изолированы от металлического шасси или установлены на изоляционных платах.

Температура корпуса столбов при их эксплуатации не должна превышать $+85^{\circ}\text{C}$.

В устройствах столбы следует располагать, так, чтобы они хорошо охлаждались и не подвергались дополнительному подогреву со стороны других элементов.

В случае работы столбов в условиях затрудненного теплоотвода и повышенной температуры необходимо проверять температуру поверхности столбов и снижать величину выпрямленного тока, чтобы температура корпуса не превышала допустимой величины.

6-11. Диоды (блоки) кремниевые выпрямительные КЦ401А, КЦ401Б

Предназначены для использования в качестве выпрямителей в радиоэлектронной и электротехнической аппаратуре.

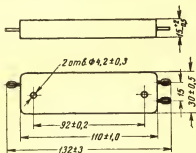


Рис. 6-46. Габаритный чертеж столбов КЦ401А.

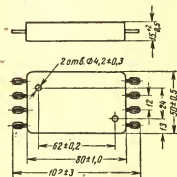


Рис. 6-47. Габаритный чертеж столбов КЦ401Б.

**Электрические параметры блоков при температуре
от 55 до +60° С**

Параметры	Типы блоков	
	КЦ401А	КЦ401Б
Средний выпрямленный ток $I_{\text{выпр. ср. ма:}}$		
1-е плечо	400	400
2-е плечо	300	400

Примечание. Диоды внутри блоков могут быть соединены по схеме моста (КЦ401Б) и по схеме удвоителя (КЦ401А и КЦ401Б).

Прямое падение напряжения на каждое плечо $U_{\text{пр}}$	2,5 в
Обратный ток, $I_{\text{обр}}$	100 мка
Обратное напряжение при соединении диодов в мост или на каждое плечо при соединении по схеме удвоителя $U_{\text{обр}}$. . .	500 в

**Предельные эксплуатационные режимы
блоков**

Максимальная температура корпуса . . .	+85° С
Интервал рабочих температур	от -55 до +60° С
Постоянное и ударное ускорение	До 75 g
Вибрационное ускорение в диапазоне частот от 5 до 600 гц	До 7,5 g
Срок службы не менее 10 000 ч	

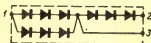


Рис. 6-48. Схема соединения диодов в блоке КЦ401А.

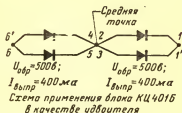


Рис. 6-49. Схема соединения диодов в блоке КЦ 401Б.

Указания по эксплуатации

При эксплуатации блоки необходимо жестко крепить за корпус. Блоки рассчитаны на емкостную нагрузку при условии, что амплитуда обратного напряжения на блоках не превышает предельного значения обратного напряжения и действующее значение тока через блок не превышает 1,57 от номинального значения выпрямленного тока.

При включении на емкостную нагрузку блоки допускают одноразовые перегрузки по импульсу выпрямленного тока в 5 а длительностью не более 30 мсек.

Блоки следует располагать в аппаратуре так, чтобы они дополнительно не нагревались со стороны соседних элементов.

При работе блоков в условиях затрудненного теплоотвода и повышенной температуры необходимо снижать величину выпрямленного тока так, чтобы температура корпуса блока не превышала максимальной.

ДИОДЫ ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ

7-1. Диоды германиевые точечные Д2Б, Д2В, Д2Г, Д2Д, Д2Е, Д2Ж, Д2И

Предназначены для работы в качестве детекторов и в цепях автоматической регулировки усиления приемников; в качестве видеодетекторов и восстановителей постоянной составляющей в телевизорах, в кольцевых модуляторах и преобразователях частоты, в счетных схемах и в маломощных выпрямителях.

Оформлены в металлостеклянном корпусе с гибкими выводами.

Вес не более 1,3 г.

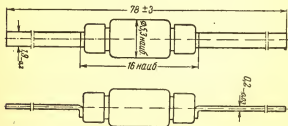


Рис. 7-1. Габаритный чертеж диодов Д2Б—Д2И.

Электрические параметры

Параметры	Тип диода						
	Д2Б	Д2В	Д2Г	Д2Д	Д2Е	Д2Ж	Д2И
Прямое падение напряжения $U_{пр}$ (не более), в: при $+25$ и -60°C	1	1	1	1	1	1	1
Обратное напряжение $U_{обр}$, в	10	30	50	50	100	150	100

Параметры	Тип диода						
	Д2Б	Д2В	Д2Г	Д2Д	Д2Е	Д2Ж	Д2И
Максимальное обратное напряжение $U_{обр. макс.}$, в:							
при $-60, +25^{\circ}C$. .	30	40	75	75	100	150	100
при $+50, +70^{\circ}C$. .	30	40	56	56	75	112	75
Прямой ток $I_{пр. ма}$, при напряжении не более 1 в	5	9	2	4,5	4,5	2	2
Обратный ток $I_{обр}$ (не более), мка:							
при $+25^{\circ}C$	100	250	250	250	250	250	250
при $+70^{\circ}C$	400	1 000	1 000	1 000	700	700	700
Стабильность обратного тока $\Delta I_{обр. \%}$:							
при $+25^{\circ}C$	± 10	± 10	± 10	± 10	± 10	± 10	± 10
Выпрямленный ток $I_{выпр. ма}$:							
амплитудное значение при $-60^{\circ}C$	50	78	50	50	50	25	50
среднее значение за период при $+25$ и $+70^{\circ}C$	16	25	16	16	16	8	16

Примечания: 1. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.

2. Величины выпрямленного тока измерены в схеме однофазного однополупериодного выпрямления на частоте 50 гц при работе на активную нагрузку.

Предельные эксплуатационные данные

Интервал рабочих температур от -60 до $+70^{\circ}C$.
 Атмосферное давление от 5 мм рт. ст. до 2 ат.
 Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}C$ до 98%.

Постоянные и ударные ускорения до 150 g.

Вибрационные ускорения до 12 g в диапазоне от 20 до 600 гц.

Срок службы не менее 5 000 ч.

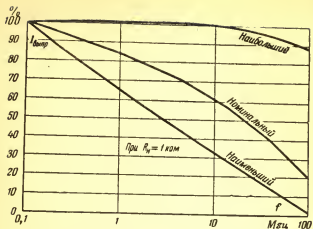


Рис. 7-2. Частотная характеристика диодов Д2Б—Д2И при $R_n = 1 \text{ ком}$.

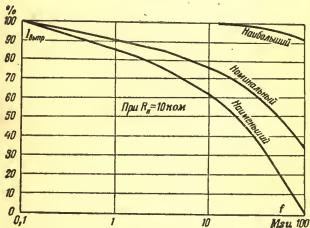


Рис. 7-3. Частотная характеристика диодов Д2Б—Д2И при $R_n = 10 \text{ ком}$.

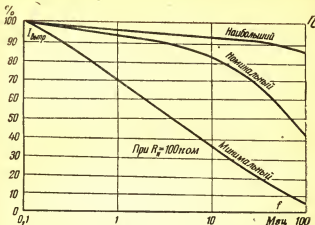


Рис. 7-4. Частотная характеристика диодов Д2Б—Д2И при $R_H = 100 \text{ ком}$.

7-2. Диоды германиевые точечные Д9А, Д9Б, Д9В, Д9Г, Д9Д, Д9Е, Д9Ж, Д9И, Д9К, Д9Л, Д9М

Предназначены для работы в качестве детекторов в цепях автоматической регулировки усиления приемников; в качестве видеодетекторов в телевизорах; в качестве модуляторов и преобразователей частоты в счетных схемах, а также в схемах маломощных выпрямителей.

Оформлены в стеклянном корпусе с гибкими выводами.

Диоды маркируются путем нанесения на среднюю часть их корпуса цветных точек.

Полярность диодов обозначается красной точкой со стороны плюсового вывода.

Вес прибора не более 0,3 г.

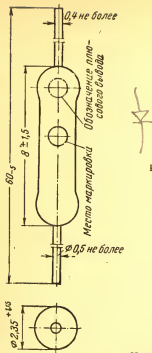


Рис. 7-5. Габаритный чертеж диодов Д9А — Д9М.

Цветная маркировка диодов

Тип диода	Цвет точек	Число точек
Д9Б	Красная	1
Д9В	Оранжевая	1
Д9Г	Желтая	1
Д9Д	Белая	1
Д9Е	Голубая	1
Д9Ж	Зеленая	1
Д9И	Желтые	2
Д9К	Белые	2
Д9Л	Зеленые	2
Д9М	Голубые	2

Примечание. Диод Д9А цветным кодом не маркируется.

Электрические параметры

Параметры	Тип диода									
	Д9А	Д9Б	Д9В	Д9Г	Д9Д	Д9Е	Д9Ж	Д9И	Д9К	Д9Л
Прямой ток $I_{пр}$, мА при напряжении 1 В	10	90	10	30	60	30	10	30	60	30
Обратный ток $I_{обр}$ (не более), мкА, при обратном напряжении:										
1 В	—	250	—	—	—	—	—	—	—	2,5
10 В	250	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30 В	—	—	250	250	250	—	—	120	60	250
50 В	—	—	—	—	—	250	—	—	—	—
100 В	—	—	—	—	—	—	250	—	—	—
Выпрямленный ток $I_{выпр}$, мА:										
амплитудное значение при +70°С	65	105	54	80	80	54	38	80	80	80
амплитудное значение при +25 и -60°С	78	125	62	98	98	62	48	98	98	98
среднее значение за период при +25 и -60°С	25	40	20	30	30	20	15	30	30	30
Максимальное обратное напряжение $U_{обр}$, макс.:										
при +70°С	10	10	20	20	20	30	45	20	20	20
при +25 и -60°С	10	10	30	30	30	50	100	30	30	30

* При температуре +25 и +40°С.

Примечания: 1. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.

2. Выпрямленный ток и обратное напряжение измерены в схеме однофазного однополупериодного выпрямления с активной нагрузкой на частоте 50 Гц.

Предельные эксплуатационные данные

Интервал рабочих температур от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$.
Атмосферное давление не менее 5 мм рт. ст.

Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$
до 98% .

Срок службы не менее $5\,000\text{ ч.}$

Указания по эксплуатации

Для повышения надежности работы диодов температура их корпуса не должна превышать $+70^{\circ}\text{C}$.

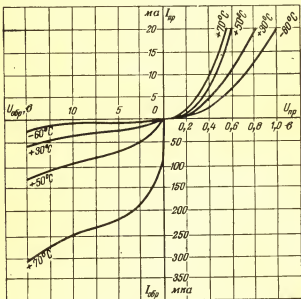


Рис. 7-6. Усредненные вольт-амперные характеристики диода Д9А при различных температурах окружающей среды.

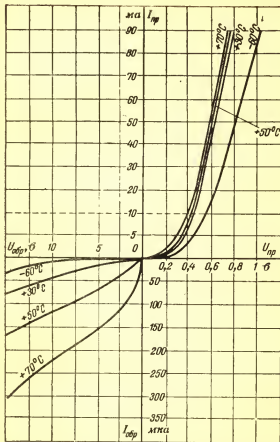


Рис. 7-7. Усредненные вольт-амперные характеристики днода 6Д9Б при различных температурах окружающей среды.

Припайка выводов допускается на расстоянии не менее 5 мм от корпуса диода паяльником мощностью 60 Вт в течение 2—3 сек с обязательным теплоотводом между корпусом диода и местом пайки.

Изгиб вывода допускается не ближе 2 мм от корпуса диода.

При эксплуатации следует учитывать, что наиболее опасными положениями приборов являются такие, при которых усилия прилагаются вдоль оси или в направлении, перпендикулярном к оси прибора.

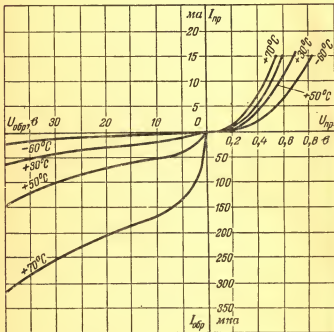


Рис. 7-8. Усредненные вольт-амперные характеристики диода Д9В при различных температурах окружающей среды.

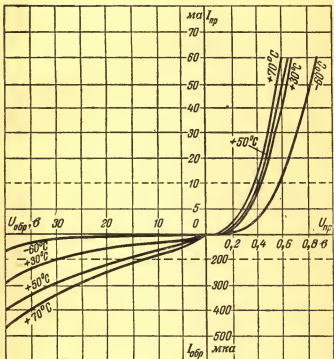


Рис. 7-9. Усредненные вольт-амперные характеристики диода Д9Г при различных температурах окружающей среды.

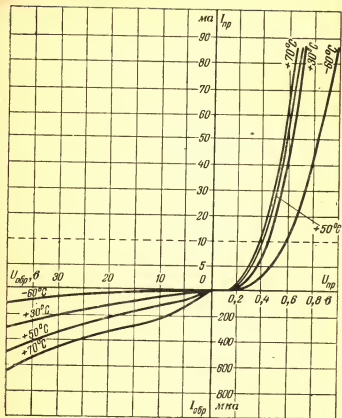


Рис. 7-10. Усредненные вольт-амперные характеристики диода Д9Д при различных температурах окружающей среды.

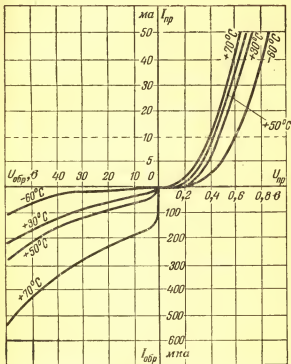


Рис. 7-11. Усредненные вольт-амперные характеристики диода Д9Е при различных температурах окружающей среды.

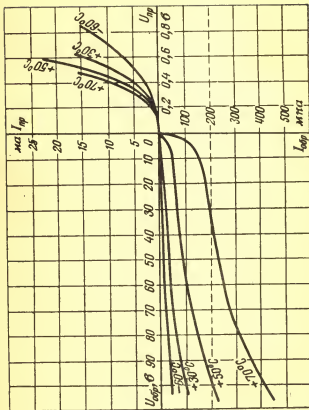


Рис. 7-12. Усредненные вольт-амперные характеристики диода Д9Ж при различных температурах окружающей среды.

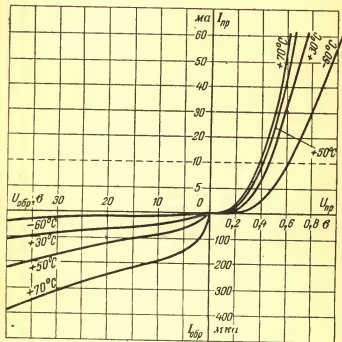


Рис. 7-13. Усредненные вольт-амперные характеристики диода 9ДИ при различных температурах окружающей среды.

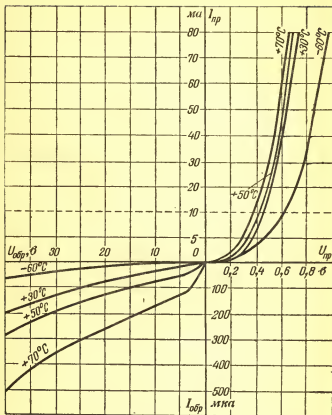


Рис. 7-14. Усредненные вольт-амперные характеристики диода Д9К при различных температурах окружающей среды.

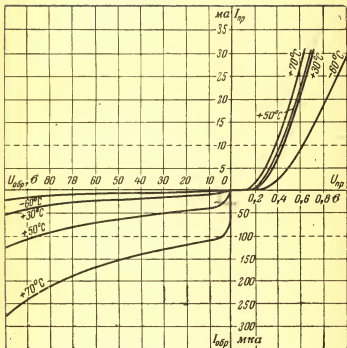


Рис. 7-15. Усредненные вольт-амперные характеристики диода Д9Л при различных температурах окружающей среды.

7-3. Дiodы германиевые точечные Д10, Д10А, Д10Б

Предназначены для использования в широкополосных ограничительных и детекторных схемах на частотах до 150 МГц.

Оформлены в металлостеклянном корпусе и имеют гибкие выводы.

Вес диода 1,3 г.

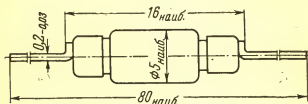


Рис. 7-16. Габаритный чертеж диодов Д10—Д10Б.

Электрические параметры

Параметры	Тип диода		
	Д10	Д10А	Д10Б
Максимальное обратное напряжение $U_{обр. макс.}$, в	10	10	10
Выпрямленный ток $I_{выпр.}$ (не менее), ма:			
при +20°С	3	5	8
при -60°С	2,4	4	6,4
при +70°С	3	5	8
Обратный ток $I_{обр.}$ при обратном напряжении 10 в (не более), ма:			
при +20°С	0,1	0,2	0,2
при -60°С	0,1	0,2	0,2
при +70°С	0,2	0,4	0,4

Примечания: 1. Выпрямленный ток измерен на частоте 70 МГц в режиме короткого замыкания при напряжении 1,5 в действ.

2. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.

Пределные эксплуатационные данные

Интервал рабочих температур от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$.
Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$
до 98%.

Атмосферное давление от 5 до 800 *мм рт. ст.*

Вибрации в диапазоне частот от 20 до 600 *гц* с ускорением 10—12 *г*.

Постоянные ускорения до 150 *г*.

Удары с ускорением 100—120 *г*.

Срок службы не менее 4 000 ч.

Указания по эксплуатации

До частоты 0,1 *Мгц* диоды работают без снижения величины выпрямленного тока. На частотах до 100 *Мгц* значение выпрямленного тока может уменьшиться:

- на 40% при нагрузке 100 *ком*,
- на 50% при нагрузке 10 *ком*,
- на 60% при нагрузке 1 *ком*.

На частотах выше 100 *Мгц* снижение величины выпрямленного тока не ограничивается.

Диоды припаиваются к элементам схем на расстоянии не менее 15 *мм* от утолщенной части корпуса диода. Для предохранения диодов от повреждений их следует припаивать в течение 2—3 *сек* паяльником мощностью не более 50—60 *вт* с обязательным теплоотводом между местом пайки и корпусом диодов. Применение кислотных флюсов не допускается.

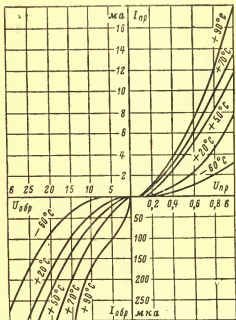


Рис. 7-17. Усредненные вольт-амперные характеристики диода Д10 при различных температурах окружающей среды.

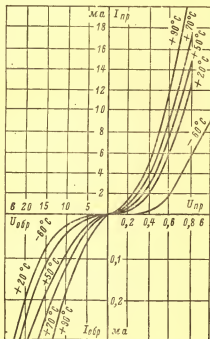


Рис. 7-18. Усредненные вольт-амперные характеристики диода Д10А при различных температурах окружающей среды.

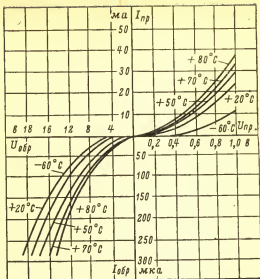


Рис. 7-19. Усредненные вольт-амперные характеристики диода Д10Б при различных температурах окружающей среды.

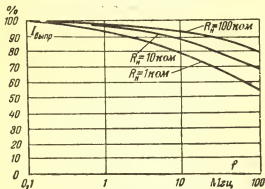


Рис. 7-20. Усредненные частотные характеристики диодов Д10, Д10А.

7-4. Диоды германиевые точечные Д11, Д12, Д12А,
Д13, Д14, Д14А

Предназначены для использования в различных радио- и электротехнических устройствах на высоких частотах.

Оформлены в металлостеклянном корпусе и имеют гибкие выводы.

Вес диода 1,3 г.

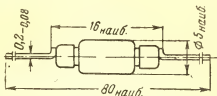


Рис. 7-21. Габаритный чертеж диодов Д11—Д14А.

Электрические параметры

Параметры	Тип диода					
	Д11	Д12	Д12А	Д13	Д14	Д14А
Прямой ток $I_{пр.}$ (не менее), ма:						
при напряжении 0,5 в	5	2	5	5	2	5
при напряжении 1 в	100	50	100	100	30	100
Обратный ток $I_{обр.}$ (не более), мка, при						
напряжении 10 в (средн. знач.) . . .	100	70	50	50	70	70
Выпрямленный ток $I_{выпр.}$ (не более), ма	20	20	20	20	20	20
Обратное напряжение $U_{обр.}$ (не ме-						
нее), в, при токе 250 мка	30	50	50	75	100	100
Максимальное обратное напряжение						
$U_{обр. макс.}$ (не более), в	40	75	75	100	125	125

Примечания: 1. При работе диодов в цепи постоянного тока величина последнего не должна быть более 50 ма.

2. Значения обратных напряжений, для которых приведены величины наибольших обратных токов, являются наибольшими для данных групп диодов.

6. При температуре $+70^{\circ}\text{C}$ значения обратных напряжений следует снижать на 40% по сравнению с приводимыми в таблице.

4. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.

Предел ь н ы е э к с п л у а т а ц и о н н ы е д а н н ы е

Интервал рабочих температур от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$.
Относительная влажность при температуре $+50^{\circ}\text{C}$ до 98%.

Атмосферное давление от 5 мм рт. ст. до 2 ат.

Вибрация в диапазоне частот от 20 до 600 гц с ускорением 10—12 g.

Постоянные ускорения до 150 g.

Удары с ускорением 100—120 g.

Срок службы не менее 4 000 ч.

У к а з а н и я п о э к с п л у а т а ц и я

До частоты 0,1 Мгц диоды работают без снижения величины выпрямленного тока.

Величина выпрямленного тока может снизиться в 2 раза на частоте:

25 Мгц при нагрузке 1 ком,

50 Мгц при нагрузке 100 ком.

На более высоких частотах диоды могут работать с большим снижением выпрямленного тока.

Диоды припаиваются к элементам схем на расстоянии не менее 15 мм от утолщенной части корпуса диода. Для предохранения диодов от повреждений их следует припаивать в течение 2—3 сек паяльником мощностью не более 50—60 вт с обязательным теплоотводом между местом пайки и корпусом диода. Применение кислотных флюсов не допускается.

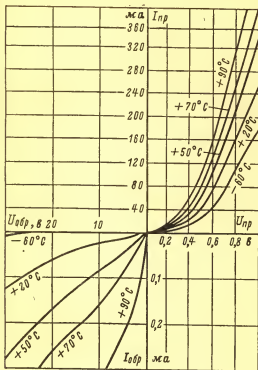


Рис. 7-22. Усредненные вольт-амперные характеристики диода Д11 при различных температурах окружающей среды.

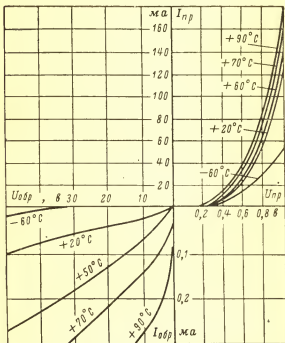


рис. 1-23. Усредненные вольт-амперные характеристики диода Д12 при различных температурах окружающей среды.

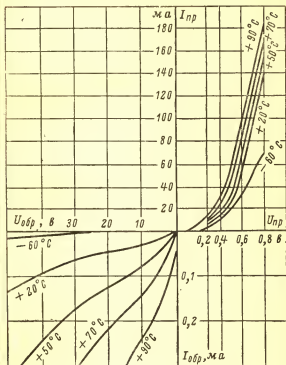


Рис. 7-25. Усредненные вольт-амперные характеристики диода Д12А при различных температурах окружающей среды.

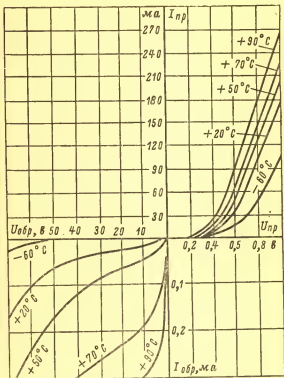


Рис. 7-25. Усредненные вольт-амперные характеристики диода Д13 при различных температурах окружающей среды.

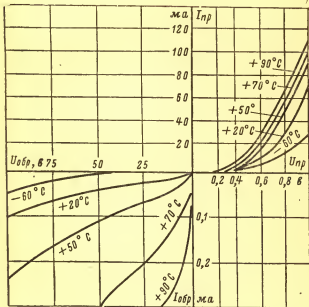


Рис. 7-26. Усредненные вольт-амперные характеристики диода Д14 при различных температурах окружающей среды.

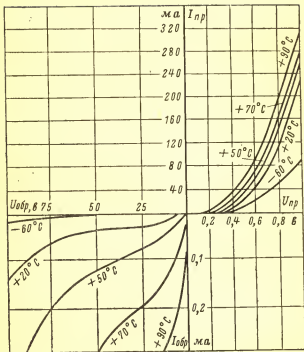


Рис. 7-27. Усредненные вольт-амперные характеристики диода Д14А при различных температурах окружающей среды.

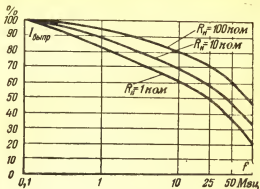


Рис. 7-28. Усредненные частотные характеристики диода Д11.

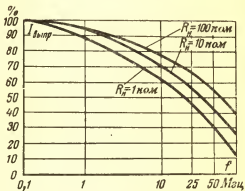


Рис. 7-29. Усредненные частотные характеристики диода Д12.

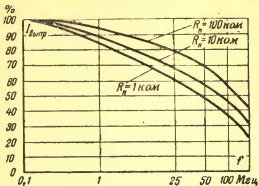


Рис. 7-30. Усредненные частотные характеристики диода Д12А.

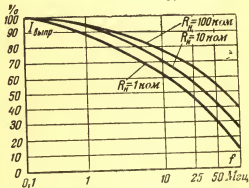


Рис. 7-31. Усредненные частотные характеристики диода Д13, Д14.

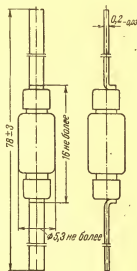
7-5. Диоды кремниевые точечные Д101, Д101А, Д102, Д102А, Д103, Д103А

Предназначены для работы в радиоэлектронных устройствах на частотах до 200 Мгц.

Оформлены в металлостеклянном корпусе с гибкими выводами.

Вес диода 1,3 г.

Рис. 7-32. Габаритный чертеж диодов Д101—Д103А.



Электрические параметры

Параметры	Тип диода					
	Д101	Д101А	Д102	Д102А	Д103	Д103А
Прямой ток $I_{пр}$ (не менее), ма:						
при напряжении 1 в	—	1	—	1	—	1
при напряжении 2 в	2	—	2	—	2	—

Параметры	Тип диода					
	Д101	Д101А	Д102	Д102А	Д103	Д103А
Обратный ток $I_{обр}$ (не более), мка:						
при $+20^{\circ}\text{C}$	10	10	10	10	30	30
при $+75^{\circ}\text{C}$	25	—	—	—	—	—
при $+100^{\circ}\text{C}$	—	—	50	—	—	—
Обратное напряжение $U_{обр}$, в	75	75	50	50	30	30
Выпрямленный ток $I_{выпр}$ (не более), ма:						
при $+20^{\circ}\text{C}$	30	30	30	30	30	30
при $+150^{\circ}\text{C}$	8	8	8	8	8	8

Примечания: 1. Величины среднего выпрямленного тока измерены в схеме однополупериодного выпрямления.

2. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.

Предельные эксплуатационные данные

Интервал рабочих температур от -60 до $+150^{\circ}\text{C}$.
Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$ до 98%.

Атмосферное давление от 5 до 800 мм рт. ст.

Вибрационные ускорения до 10 g в диапазоне частот от 15 до 80 гц.

Срок службы не менее 2 000 ч.

Указания по эксплуатации

До частоты 0,1 Мгц диоды работают без снижения выпрямленного тока. На частоте 100 Мгц величина выпрямленного тока может уменьшиться на 40% при нагрузке сопротивлением 100 ком, на 50% при 10 ком и на 60% при 1 ком. Снижение выпрямленного тока на частотах более 100 Мгц не ограничивается.

Диоды припаиваются к элементам схем на расстоянии не менее 15 мм от утолщенной части корпуса до места припайки паяльником мощностью 60 вт в течение не более 2—3 сек с обязательным теплоотводом между местом пайки и корпусом диода.

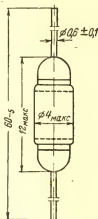
7-6. Диоды кремниевые точечные Д104, Д104А, Д105, Д105А, Д106, Д106А

Предназначены для работы в радиоэлектронных и измерительных устройствах и в аппаратуре связи на частотах до 600 Мгц.

Оформлены в металлостеклянном корпусе с гибкими выводами.

Вес днода 0,53 г.

Рис. 7-33. Габаритный чертеж диодов Д104 — Д106А.



Электрические параметры

Параметры	Тип днода					
	Д104	Д104А	Д105	Д105А	Д106	Д106А
Обратное напряжение $U_{обр}$, в	75	75	50	30	30	30
Максимальное обратное напряжение $U_{обр}$, макс, в:						
при -60 и $+25^{\circ}\text{C}$	100	100	75	75	30	30
при $+120^{\circ}\text{C}$	50	50	20	20	20	20

Параметры	Тип диода					
	Д104	Д104А	Д105	Д105А	Д106	Д106А
Выпрямленный ток $I_{\text{выпр}}$, ма:						
при -60°C	30	30	30	30	30	30
при $+120^{\circ}\text{C}$	8	8	8	8	8	8
Прямое напряжение $U_{\text{пр}}$ (не более), в:						
при 1 ма	—	1	—	1	—	1
при 2 ма	2	—	2	—	2	—
Обратный ток $I_{\text{обр}}$ (не более), мка:						
при 75°C и $+25^{\circ}\text{C}$	10	10	—	—	—	—
при 75°C и $+120^{\circ}\text{C}$	150	150	—	—	—	—
при 50°C и $+25^{\circ}\text{C}$	—	—	10	10	—	—
при 50°C и $+120^{\circ}\text{C}$	—	—	100	100	—	—
при 30°C и $+25^{\circ}\text{C}$	—	—	—	—	30	30
при 30°C и $+120^{\circ}\text{C}$	—	—	—	—	100	50

Примечания: 1. Стабильность обратного тока $\Delta I_{\text{обр}} = \pm 5$ мка.

2. Выпрямленный ток и обратное напряжение измерены в схеме однополупериодного выпрямления при работе на активную нагрузку на частоте 50 гц.

3. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.

Предельные эксплуатационные данные

Интервал рабочих температур от -60 до $+150^{\circ}\text{C}$.
Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$ до 98%.

Атмосферное давление от 5 мм рт. ст. до 2 ат.

Постоянные и ударные ускорения до 150 g.

Вибрационные ускорения до 12 g в диапазоне частот от 10 до 600 гц.

Срок службы не менее 5 000 ч.

Указания по эксплуатации

Включение диода в схему производится согласно обозначенной на нем полярности.

До частоты 0,1 Мгц диоды работают без снижения выпрямленного тока. Снижение выпрямленного тока на частотах более 100 Мгц не ограничивается.

Диоды припаиваются к элементам схем на расстоянии не менее 15 мм от утолщенной части корпуса до места припаивания паяльником мощностью 60 вт в течение не более 2—3 сек с обязательным теплоотводом между местом пайки и корпусом диода. При этом температура корпуса диода не должна быть более $+150^{\circ}\text{C}$. Изгиб вывода допускается не ближе 2 мм от корпуса диода.

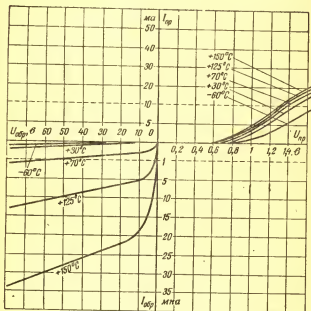


Рис. 7-34. Усредненные вольт-амперные характеристики диода Д104 при различных температурах окружающей среды.

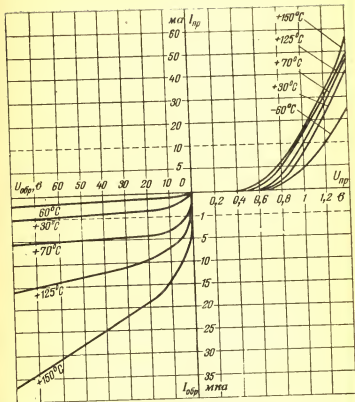


Рис. 7-35. Усредненные вольт-амперные характеристики катода 6Д104А при различных температурах окружающей среды.

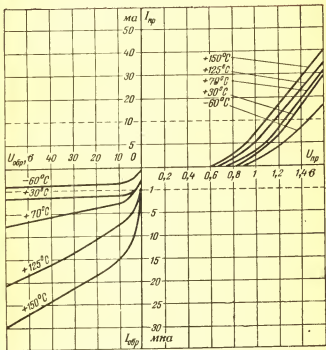


Рис. 7-36. Усредненные вольт-амперные характеристики диода Д105 при различных температурах окружающей среды.

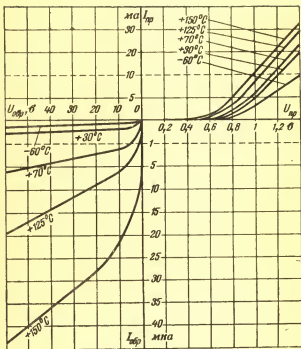


Рис. 7-37. Усредненные вольт-амперные характеристики диода Д105А при различных температурах окружающей среды.

Параметры	Тип диода		
	Д223	Д223А	Д223Б
при $+125^{\circ}\text{C}$ и $U_{\text{обр}}=50\text{ в}$	—	20	—
при $+125^{\circ}\text{C}$ и $U_{\text{обр}}=75\text{ в}$	—	—	30
Выпрямленный ток (среднее значение $I_{\text{выпр. ма}}$):			
при $+20^{\circ}\text{C}$	50	50	50
при $+125^{\circ}\text{C}$	20	20	20

Примечание. Жирным шрифтом выделен классификационный параметр.

Предельные эксплуатационные данные

Интервал рабочих температур от -60 до $+125^{\circ}\text{C}$.
 Многократные циклические изменения температуры окружающей среды от -60 до $+150^{\circ}\text{C}$.
 Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$ до 98%.

Атмосферное давление от 5 мм рт. ст. до 3 ат.
 Вибрация с амплитудой 2 мм в диапазоне частот 10—
 -60 гц и с ускорением 15 g в диапазоне 60—2 000 гц.
 Длительная вибрация на частоте 50 гц с ускорением 15 g в течение 96 ч.

Многократные ударные воздействия с ускорением до 150 g при частоте 40—80 ударов в минуту и общем числе ударов 4 000.

Длительное постоянное ускорение до 150 g.
 Срок службы не менее 5 000 ч.

Указания по эксплуатации

Приборы присоединяются к элементам схем посредством пайки или другими способами. При этом не допускается нагрев диодов до температуры выше $+150^{\circ}\text{C}$. Изгиб вывода допускается на расстоянии не ближе 3 мм от корпуса.

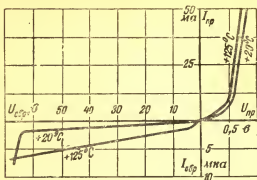


Рис. 7-40. Статические вольт-амперные характеристики диода Д223 при различных температурах окружающей среды.

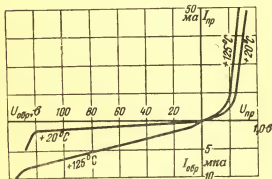


Рис. 7-41. Статические вольт-амперные характеристики диода Д223А при различных температурах окружающей среды.

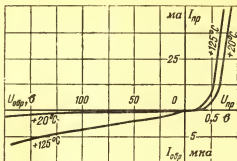


Рис. 7-42. Статические вольт-амперные характеристики диода Д223Б при различных температурах окружающей среды.

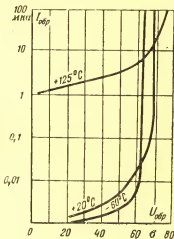


Рис. 7-43. Зависимость обратного тока от обратного напряжения при различных температурах окружающей среды для диода Д223А.

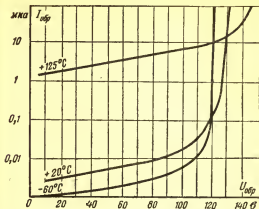


Рис. 7-44. Зависимость обратного тока от обратного напряжения при различных температурах окружающей среды для диода Д223Б.

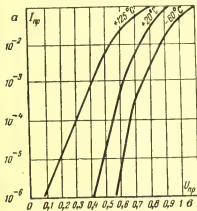


Рис. 7-45. Зависимость прямого тока от прямого падения напряжения при различных температурах окружающей среды для диодов Д223—Д223Б.

РАЗДЕЛ ВОСЬМОЙ

ДИОДЫ ИМПУЛЬСНЫЕ

8-1. Диод германиевый точечный Д18

Предназначен для использования в схемах аппаратуры с высокой частотой повторения импульсов и схемах вычислительных машин.

Оформлен в металlostеклянном корпусе с гибкими выводами.

Маркировка диода производится при помощи буквенно-цифрового обозначения или цветным кодом. При буквенно-цифровом обозначении весь диод закрашивается.

В случае применения условного цветного кода тип диода обозначается путем закрашивания желтой краской утолщенной части минусового вывода. Для обозначения полярности утолщенная часть плюсового вывода окрашена в красный цвет.

Вес диода 0,6 г.

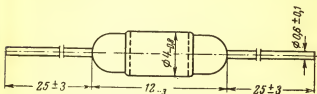


Рис. 8-1. Габаритный чертеж диода Д18.

Электрические параметры¹

Максимальное обратное напряжение	
$U_{\text{обр. макс}}$	20 в
Максимальное импульсное прямое напряжение $U_{\text{пр. имп. макс}}$ (не более) при прямом токе $I_{\text{пр}} = 50 \text{ ма}$	5 в

¹ Параметр $I_{\text{пр. макс}}$ приведен в интервале температур от -60 до $+70^\circ \text{C}$, остальные — при $+20^\circ \text{C}$.

Максимальный прямой ток $I_{пр. макс}$. . .	20 ма
Обратный ток $I_{обр}$ (не более) при 20 в . .	50 мка
Постоянное прямое напряжение при $I_{пр} = 20$ ма (не более)	1 в
Время восстановления обратного сопротивления $\tau_{восст}$ (не более)	0,1 мксек

П р е д е л ь н ы е э к с п л у а т а ц и о н н ы е д а н н ы е

Интервал рабочих температур от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$.
Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$ до 98%.

Атмосферное давление от 5 мм рт. ст. до 3 ат.

Вибрации в диапазоне частот от 5 до 2 000 гц с ускорением до 12 g.

Длительная вибрация равна времени выработки не менее 11 млн. циклов на любой из одиночных частот диапазона 5—2 000 гц с ускорением 12 g.

Многократные ударные воздействия с ускорением до 150 g.

Длительное постоянное ускорение до 150 g.

Срок службы не менее 5 000 ч.

У к а з а н и я п о э к с п л у а т а ц и и

Припайка днодов производится на расстоянии не менее 5 мм от корпуса оловянно-свинцовым припоем ПОС-61.

Припайку производят паяльником мощностью 50—60 вт в течение 2—3 сек с обязательным теплоотводом между местом пайки и корпусом днода.

Изгиб выводов допускается на расстоянии не менее 3 мм от корпуса.

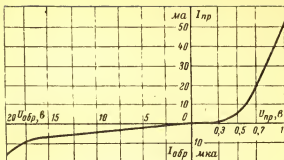


Рис. 8-2. Вольт-амперная характеристика диода Д18 при температуре окружающей среды $+20^{\circ}\text{C}$.

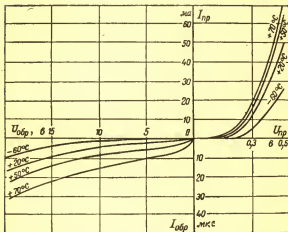


Рис. 8-3. Усредненные вольт-амперные характеристики диода Д18 при различных температурах окружающей среды.

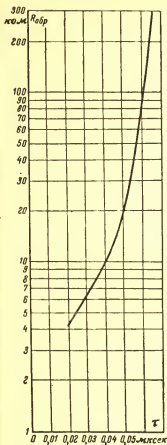


Рис. 8-4. Усреднённая характеристика зависимости обратного сопротивления от времени при переключении с 20 мА прямого тока на 10 В обратного напряжения диода Д18.

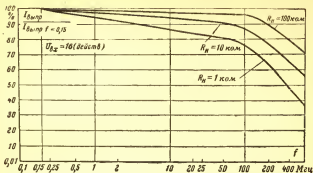


Рис. 8-5. Усредненные частотные характеристики диода Д18.

8-2. Диод германиевый точечный Д20

Предназначен для использования в схемах радиоэлектронной аппаратуры с высокой частотой повторения импульсов и в схемах вычислительных машин.

Оформлен в металлическом корпусе со стеклянными изоляторами и жесткими выводами.

Маркировка диода производится при помощи буквенно-цифрового обозначения или цветным кодом. В случае применения условного цветного кода утолщенная часть минусового вывода окрашивается в зеленый цвет. Для обозначения полярности утолщенная часть плюсового вывода окрашена в красный цвет.

Вес диода 0,6 г.

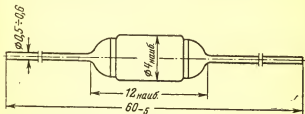


Рис. 8-6. Габаритный чертеж диода Д20.

Электрические параметры¹

Максимальное обратное напряжение	
$U_{обр. макс}$	10 в
Максимальное прямое напряжение	
$U_{пр. имп. макс}$ (не более) при прямом токе	
$I_{пр} = 10$ ма	1 в
Максимально допустимый прямой ток	
$I_{пр. макс}$	20 ма
Обратный ток $I_{обр}$ (не более)	50 мка
Выпрямленный ток (среднее значение)	
$I_{выпр}$	16 ма
Максимальное импульсное сопротивление	
$R_{имп. макс}$ при прямом токе $I_{пр} = 50$ ма .	100 ом
Время восстановления обратного сопротивления $\tau_{восст}$ (не более)	0,07 мксек

Предельные эксплуатационные данные

Интервал рабочих температур от -60 до $+70^\circ \text{C}$.
 Относительная влажность при температуре $+40^\circ \text{C}$ до 98%.
 Атмосферное давление от 5 мм рт. ст. до 3 ат.
 Вибрации в диапазоне частот от 5 до 2 000 гц с ускорением до 12 g.
 Многократные ударные воздействия с ускорением до 150 g.
 Длительное постоянное ускорение до 150 g.
 Срок службы не менее 5 000 ч.

Указания по эксплуатации

Днод припаивается к элементам схем или устанавливается в зажимы.

Припайка днода производится на расстояние не менее 10 мм от корпуса оловянно-свинцовым припоем ПОС-61.

¹ Параметры $I_{выпр}$ и $I_{пр. макс}$ приведены в интервале температур от -60 до $+70^\circ \text{C}$, остальные — при $+20^\circ \text{C}$.

Для предохранения диода от повреждений при пайку производят паяльником мощностью 60 *вт* в течение 2—3 *сек* с обязательным теплоотводом между местом пайки и корпусом диода.

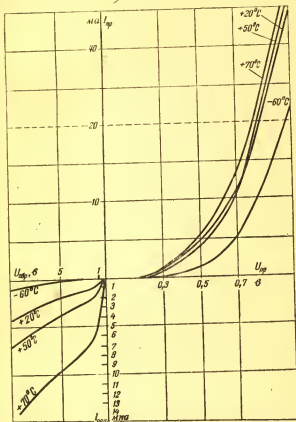


Рис. 8-7. Усредненные вольт-амперные характеристики при различных температурах окружающей среды для диода Д20.

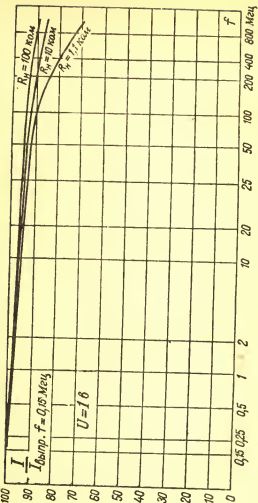


Рис. 8-8. Зависимость выпрямленного тока от частоты для диода Д20 (на оси ординат дано отношение текущего значения выпрямленного тока к его значению на частоте 0,15 Мгц) при $U=16$ в (действ.)

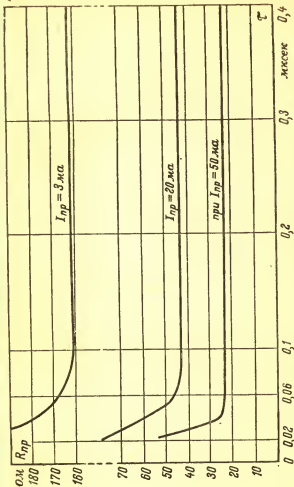


Рис. 8-9. Усредненные характеристики зависимости прямого сопротивления от времени при включении диода Д20.

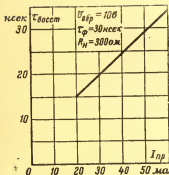


Рис. 8-10. Зависимость времени восстановления обратного сопротивления от прямого тока диода Д20.

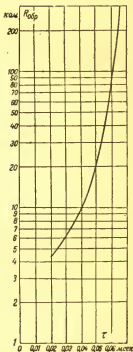


Рис. 8-11. Усредненная характеристика времени восстановления обратного сопротивления при переключении с 50 ма прямого тока на 10 в обратного напряжения диода Д20.

8-3. Диоды кремниевые сплавные Д219А, Д220, Д220А, Д220Б

Предназначены для использования в качестве ключевых элементов в импульсных схемах при малых длительностях импульсов.

Оформлены в металлостеклянном корпусе с гибкими выводами.

Диоды Д220, Д220А, Д220Б маркируются желтой точкой, Д219А — красной. На минусовый вывод диодов Д219А, Д220А нанесена черная точка, Д220 — синяя, Д220Б — зеленая. Плюс-вывод диодов отмечен красной точкой.

Вес диода 0,53 г.

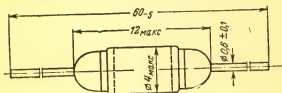


Рис. 8-12. Габаритный чертеж диодов Д219А—Д220Б.

Электрические параметры

Параметры	Тип диода			
	Д219А	Д220	Д220А	Д220Б
Максимальное обратное напряжение $U_{обр макс}$, в	70	50	70	100
Прямое падение напряжения $U_{пр}$ (не более), в, при $I_{пр} = 50$ ма:				
при $+25^{\circ}\text{C}$	1	1,5	1,5	1,5
при $+100^{\circ}\text{C}$	1,1	1,9	1,9	1,9

Параметры	Продолжение			
	Тип диода			
	Д219А	Д220	Д220А	Д220Б
Обратный ток $I_{обр}$ (не более), мка:				
при $+25^{\circ}\text{C}$	1 ¹	1 ²	1 ²	1 ²
при $+100^{\circ}\text{C}$	30 ¹	20 ²	30 ¹	40 ²
Стабильность обратного тока $\Delta I_{обр}$ (не более), мка, при $+100^{\circ}\text{C}$	$\pm 8^1$	$\pm 6^2$	$\pm 8^1$	$\pm 10^2$
Максимальный выпрямленный ток $I_{выпр. макс.}$ ма:				
при $-60 \div +25^{\circ}\text{C}$	50	50	50	50
при $+100^{\circ}\text{C}$	20	20	20	20
Прямое импульсное сопротивление $R_{имп. макс}$ (не более), ом:				
при $+25^{\circ}\text{C}$ и $I_{пр} = 50 \text{ ма}$	50	75	75	75
Время восстановления обратного сопротивления $\tau_{восст}$ (не более), мксек:				
при $I_{пр} = 30 \text{ ма}$ и $U_{обр} = 30 \text{ в}$	0,5	0,5	0,5	0,5
Емкость диода C_d (не более), пф при $U_{обр} = 5 \text{ в}$	15	15	15	15

¹ При $U_{обр} = 70 \text{ в}$.

² При $U_{обр} = 50 \text{ в}$.

³ При $U_{обр} = 100 \text{ в}$.

⁴ В интервале температур от $+25$ до $+100^{\circ}\text{C}$ выпрямленный ток снижается линейно.

Примечание. Жирным шрифтом выделен классификационный параметр.

Предел ьные эксплуатационные данные

Интервал рабочих температур от -60 до $+100^{\circ}\text{C}^*$.
Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$ до 98%.

Атмосферное давление от 5 мм рт. ст. до 3 ат.

Постоянные и ударные ускорения до 150 g.

Вибрационные ускорения до 15 g в диапазоне частот от 60 до 2 000 гц.

Срок службы не менее 5 000 ч.

* В интервале температур $+25 \div 100^{\circ}\text{C}$ выпрямленный ток снижается линейно.

У к а з а н и я п о э к с п л у а т а ц и и

С целью повышения надежности работы диодов амплитуда обратного напряжения не должна превышать 80% от максимального ее значения.

Диоды припаиваются к элементам схем паяльником мощностью 60 *вт* на расстоянии не ближе 5 *мм* от корпуса с обязательным теплоотводом между местом пайки и корпусом диода.

Разрешается присоединять диоды к элементам схем при помощи сварки или другими способами. Во всех случаях температура корпуса диода не должна превышать $+125^{\circ}\text{C}$.

Изгиб выводов допускается на расстоянии не ближе 3 *мм* от корпуса.

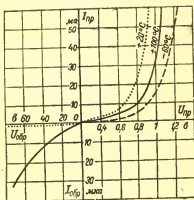


Рис. 8-13. Вольт-амперные характеристики диода Д219А при различных температурах окружающей среды.

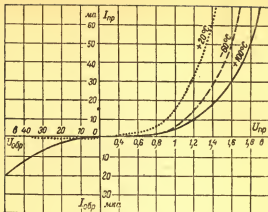


Рис. 8-14. Вольт-амперные характеристики диода Д220 при различных температурах окружающей среды.

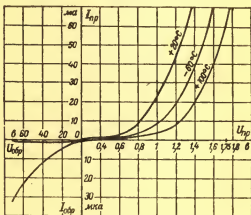


Рис. 8-15. Вольт-амперные характеристики диода Д220А при различных температурах окружающей среды.

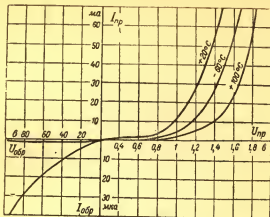


Рис. 8-16. Вольт-амперные характеристики диода Д220Б при различных температурах окружающей среды.

8-4. Диод германиевый плоскостной Д310

Предназначен для использования в схемах запоминающих и логических устройств.

Оформлен в мсталлостеклянном корпусе с гибкими выводами.

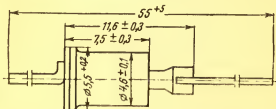


Рис. 8-17. Габаритный чертеж диода Д310.

Электрические параметры

Максимальная мощность $P_{\text{макс}}$ в интервале рабочих температур	275 Вт
Максимальное обратное напряжение $U_{\text{обр. макс}}$ в интервале рабочих температур	20 в .
Максимальный прямой ток $I_{\text{пр. макс}}$ при длительности импульса $\tau \leq 10$ мксек в интервале рабочих температур	800 ма
Максимальный постоянный ток $I_{\text{макс}}$	500 ма
Обратный ток $I_{\text{обр}}$ (не более) при $+70^\circ \text{C}$	100 мка
Стабильность обратного тока $\Delta I_{\text{обр}}$ при $+70^\circ \text{C}$	± 10 мка
Максимальное импульсное сопротивление $R_{\text{имп. макс}}$ при $I_{\text{пр}}=800$ ма и $+20^\circ \text{C}$	3 ом
Время восстановления обратного сопротивления $\tau_{\text{восст}}$ (не более) при $+70^\circ \text{C}$	0,3 мксек
Емкость диода C_d (не более) при $+20^\circ \text{C}$	15 пф

Предельные эксплуатационные данные

Интервал рабочих температур от -65 до $+70^\circ \text{C}$.
 Относительная влажность при температуре $+40^\circ \text{C}$ до 98%.
 Атмосферное давление от 5 мм рт. ст. до 2 ат.
 Постоянные и ударные ускорения до 150 g.
 Вибрации в диапазоне частот от 5 до 2 000 гц с ускорением до 15 g.
 Одиночные удары с ускорением до 500 g.
 Срок службы не менее 10 000 ч.

Указания по эксплуатации

Диод присоединяется к элементам схем посредством пайки, сварки или другими способами на расстоянии не менее 5 мм от корпуса при температуре корпуса не выше $+100^\circ \text{C}$.

8-5. Диоды кремниевые меза 2Д503А, 2Д503Б

Предназначены для применения в импульсных быстродействующих схемах.

Диоды выпускаются в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и гибкими выводами.

Вес диода не более 0,3 г.

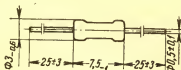


Рис. 8-18. Габаритный чертеж диодов 2Д503А и 2Д503Б.

Электрические параметры

Параметры	Тип диода	
	2Д503А	2Д503Б
Постоянное прямое напряжение при $I_{пр}=10$ ма, $U_{пр}$, в не более	1	1,2
Максимальное импульсное прямое напряжение при $I_{пр.имп.}=50$ ма, $U_{пр.имп.}$, в не более	2,5	3,5
Емкость диода при нулевом смещении C_d , пф не более . . .	5	2,5

Примечание. Параметры действительны при температуре $+30\pm 5^\circ\text{C}$.

Постоянный обратный ток при $U_{обр}=30$ в,
 $I_{обр}$, мка Не более 4 мка

Время восстановления обратного сопротивления при $I_{пр.имп.}=10$ ма, $U_{обр.имп.}=10$ в, $I_{обр.отсч.}=2$ ма, $\tau_{восст.}$ Не более 10 нсек

Предельные эксплуатационные режимы диодов при температуре от -60 до $+120^{\circ}\text{C}$

Обратное напряжение любой формы и периодичности $U_{\text{обр. макс. имп.}}$	30 в
Максимальный постоянный ток средний прямой $I_{\text{пр. макс.}}$	
при температуре до $+25^{\circ}\text{C}$	20 ма
при температуре $+120^{\circ}\text{C}$	10 ма
Максимальный прямой ток в импульсе при $\tau_{\text{имп}} < 10$ мксек без превышения $I_{\text{пр. макс.}}$	
$I_{\text{пр. макс. имп.}}$	
при температуре до $+25^{\circ}\text{C}$	200 ма
при температуре $+120^{\circ}\text{C}$	100 ма
Интервал рабочих температур	От -60 до $+120^{\circ}\text{C}$
Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$	95—98%
Постоянное и ударные ускорения (при многократных ударах)	До 150 g
Вибрационные ускорения в диапазоне частот от 5 до 2000 гц	До 15 g
Одинокные удары с ускорением	До 500 g
Срок службы диодов не менее	5 000 ч

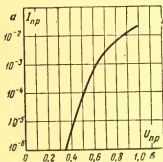


Рис. 8-19. Прямая ветвь вольт-амперной характеристики диодов 2Д503А при $+20^{\circ}\text{C}$.

Указания по эксплуатации

Пайка диодов должна производиться на расстоянии не менее 5 мм от корпуса диода. При пайке корпус диода не должен перегреваться свыше $+120^{\circ}\text{C}$. В качестве теплоотвода при пайке может применяться пинцет с плоскими медными губками шириной не менее 3 мм и толщиной не менее 2 мм.

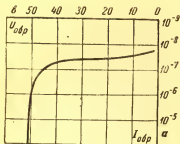


Рис. 8-20. Обратная ветвь вольт-амперной характеристики диодов 2Д503А и 2Д503Б при $+20^{\circ}\text{C}$.

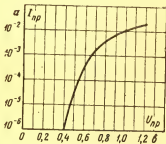


Рис. 8-21. Прямая ветвь вольт-амперной характеристики диодов 2Д503Б при $+20^{\circ}\text{C}$.

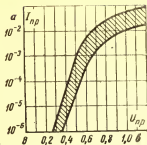


Рис. 8-22. Разброс прямой ветви вольт-амперной характеристики диодов 2Д503А при $+20^\circ\text{C}$.

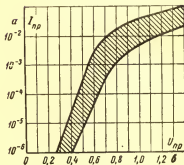


Рис. 8-23. Разброс прямой ветви вольт-амперной характеристики диодов 2Д503Б при $+20^\circ\text{C}$.

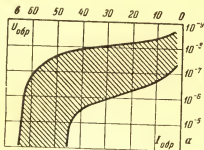


Рис. 8-24. Разброс обратной ветви вольт-амперной характеристики диодов 2Д503А и 2Д503Б при $+20^\circ\text{C}$.

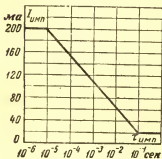


Рис. 8-25. Зависимость максимального импульсного прямого тока диодов 2Д503А и 2Д503Б от длительности импульса.

ДИОДЫ ОПОРНЫЕ (СТАБИЛИТРОНЫ)

9-1. Диоды опорные (стабилитроны) кремниевые
2C156A, 2C168A

Предназначены для стабилизации напряжения.

Стабилитроны выпускаются в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и гибкими выводами.

Вес не более 1 г.

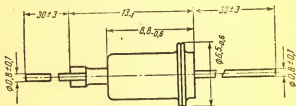


Рис. 9-1. Габаритный чертеж диодов 2C156A, 2C168A.

Электрические параметры

Параметры	Тип стабилитрона	
	2C156A	2C168A
Номинальное напряжение стабилизации $U_{ст. ном.}$ В	5,6	6,8
Дифференциальное сопротивление стабилитрона на рабочем участке характеристики, $R_{д.}$ (не более), ом:		
при $U_{ст} = U_{ст. ном.} - 10\%$	46	28
при $U_{ст} = U_{ст. ном.} + 10\%$	28	10
Температурный коэффициент напряжения стабилизации:		
при температуре от -60 до $+120^{\circ}\text{C}$, не более	0,05	0,06
Максимальный ток стабилизации $I_{ст. макс.}$ мА:		
при температуре от -60 до $+50^{\circ}\text{C}$	55	45
при температуре $+120^{\circ}\text{C}$	18	15

Примечание. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.

Электрические параметры

Номинальный ток стабилизации $I_{\text{ст. ном}}$	
при $t_c = +25^\circ \text{C}$	10 <i>ма</i>
Минимальный ток стабилизации $I_{\text{ст. мин}}$ при	
температурах от -60 до $+120^\circ \text{C}$. . .	3 <i>ма</i>
Допустимый разброс напряжения стабилизации $\Delta U_{\text{ст}}$ при $I_{\text{ст}}=10$ <i>ма</i> и $t_c=+25^\circ \text{C}$	$\pm 10\%$
Максимальная мощность $P_{\text{макс}}$ при темпе-	
ратурах от -60 до $+50^\circ \text{C}$	300 <i>Мвт</i>
при температуре $+120^\circ \text{C}$	100 <i>Мвт</i>

Предельные эксплуатационные данные

Интервал рабочих температур от -60 до $+120^\circ \text{C}$.
 Относительная влажность при температуре $+40^\circ \text{C}$ до 98%.
 Постоянные и ударные ускорения до 150 *g*.
 Вибрационные ускорения до 15 *g* в диапазоне частот 5—2 000 *гц*.
 Одиночные удары с ускорением до 500 *g*.
 Срок службы не менее 5 000 ч.

Указания по эксплуатации

При эксплуатации стабилитрон должен быть включен полярностью, обратной указанной на корпусе стабилитрона.

Допускается последовательное соединение любого количества стабилитронов. Параллельное соединение стабилитронов допускается при условии, что суммарная мощность, рассеиваемая на всех параллельно включенных стабилитронах, не превосходит предельной мощности для одного стабилитрона.

При монтаже стабилитронов в аппаратуре пайка должна производиться на расстоянии не менее 5 мм от корпуса паяльником мощностью 50—60 *вт* в течение 2—3 *сек*. Между местом пайки и корпусом стабилитрона должен быть обеспечен надежный теплоотвод. Температура корпуса стабилитрона при пайке не должна превышать $+120^\circ \text{C}$.

Изгиб выводов может производиться на расстоянии не менее 5 мм от корпуса. При этом вывод между местом изгиба и стеклянным изолятором должен быть неподвижным.

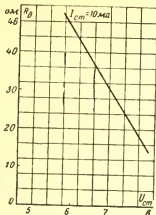


Рис. 9-2. Нормы на величину дифференциального сопротивления в рабочем участке характеристики при $I_{ст} = 10 \text{ ма}$ в зависимости от напряжения стабилизации диодов 2C156A, 2C168A.

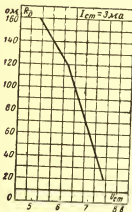


Рис. 9-3. Нормы на величину дифференциального сопротивления в начальном участке характеристики при $I_{ст} = 3 \text{ ма}$ в зависимости от напряжения стабилизации диодов 2C156A, 2C168A.

Рис. 9-4. Зависимость предельного тока стабилизации от температуры окружающей среды диодов 2С156А, 2С168А.

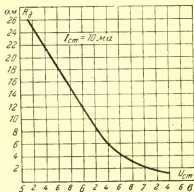
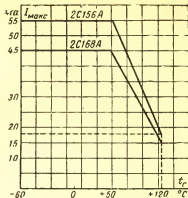


Рис. 9-5. Зависимость дифференциального сопротивления в рабочем участке характеристики при $I_{ст} = 10$ ма от напряжения стабилизации диодов 2С156А, 2С168А.

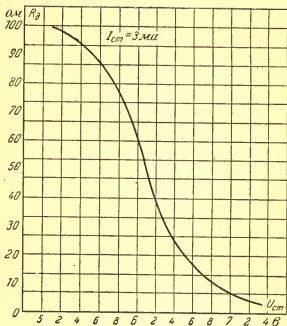


Рис. 9-6. Зависимость дифференциального сопротивления в начальном участке характеристики при $I_{cm} = 3 \text{ ма}$ от напряжения стабилизации диодов 2C156A, 2C168A.

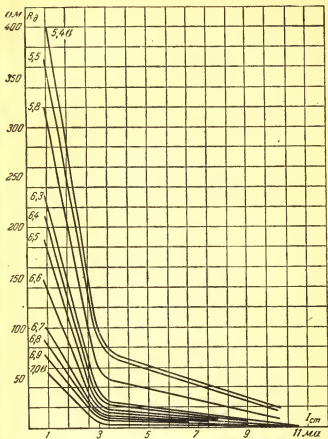


Рис. 9-7. Зависимость дифференциального сопротивления от тока стабилизации для диодов 2C156A, 2C168A с различным напряжением стабилизации.

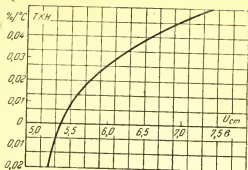


Рис. 9-8. Зависимость ТКН стабилизации от величины напряжения стабилизации в рабочем участке характеристики диодов 2C156A, 2C168A при $I_{сг} = 10 \text{ ма.}$

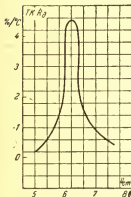


Рис. 9-9. Зависимость температурного коэффициента дифференциального сопротивления от величины напряжения стабилизации диодов 2C156A, 2C168A.

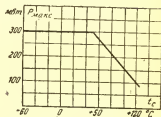


Рис. 9-10. Зависимость максимальной мощности от температуры окружающей среды диодов 2C156A, 2C168A.

**9-2. Диоды опорные
(стабилитроны) кремниевые
Д808, Д809, Д810, Д811,
Д813**

Предназначены для работы в схемах стабилизации напряжения. Оформлены в металлостеклянном герметичном корпусе с гибкими выводами.

Вес прибора 1 г.

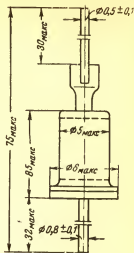


Рис. 9-11. Габаритный чертеж диодов Д808, Д809, Д810, Д811, Д813.

Электрические параметры

Параметры	Тип стабилитрона				
	Д808	Д809	Д810	Д811	Д813
Максимальная мощность $P_{\text{макс. макс.}}$					
при $-60 \div +50^\circ \text{C}$	280	280	280	280	280
при $+120^\circ \text{C}$	70	70	70	70	70
Напряжение стабилизации $U_{\text{ст. в}}$	7—8,5	8—9,5	9—10,5	10—12	11,5—14
Максимальный ток стабилизации $I_{\text{ст. макс. ма}}$					
при $-60 \div +50^\circ \text{C}$	33	29	26	23	20
при $+120^\circ \text{C}$	8	7,5	6,5	6	5
Прямой ток $I_{\text{пр}}$ (не менее), ма	50	50	50	50	50
Обратное сопротивление $R_{\text{обр}}$ (не менее), Мом	10	10	10	10	10

Параметры	Тип стабилитрона				
	Д808	Д809	Д810	Д811	8Д13
Дифференциальное сопротивление R_d (не более), ом:					
при токе стабилизации 1 ма	12	18	25	30	35
при токе стабилизации 5 ма	6	10	12	15	18

Примечания: 1. Параметры (кроме $R_{\text{макс}}$ и $I_{\text{ст.макс}}$) измерены при $+25^\circ \text{C}$.

2. Обратное сопротивление и прямой ток приведены при напряжении 1 в.

3. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.

Предельные эксплуатационные данные

Интервал рабочих температур от -60 до $+120^\circ \text{C}$.

Атмосферное давление от 5 мм рт. ст. до 3 ат.

Вибрационные ускорения до 12 g в диапазоне частот от 10 до 600 гц.

Срок службы не менее 5 000 ч.

Указания по эксплуатации

При установке в стабилизаторах напряжения стабилитроны подключаются полярностью, обратной по отношению к указанной на корпусе прибора.

В случае работы стабилитронов в качестве маломощных диодов в выпрямительных схемах максимальное обратное напряжение (амплитудное значение) не должно превышать 80% от величины напряжения стабилизации для данных диодов.

При выборе режима работы стабилитрона следует учитывать, что участок характеристики, соответствующий малым токам стабилизации (порядка 1 ма), является менее стабильным, чем участок, соответствующий значениям тока стабилизации 5 ма и более.

Допускается последовательное соединение любого количества стабилитронов. Параллельное соединение

стабилитронов допускается при условии, если суммарная мощность, рассеиваемая на всех параллельно включенных стабилитронах, не превышает допустимой мощности для одного стабилитрона.

При эксплуатации стабилитронов в условиях механических ускорений более 2 g приборы необходимо крепить за корпус.

Стабилитроны припаиваются к элементам схем паяльником мощностью $50\text{--}60\text{ вт}$ в течение не более 10 сек с обязательным теплоотводом между местом пайки и корпусом прибора. Температура корпуса не должна при этом превышать $+150^\circ\text{ C}$.

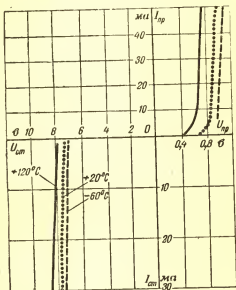


Рис. 9-12. Вольт-амперные характеристики диода Д808 при различных температурах окружающей среды.

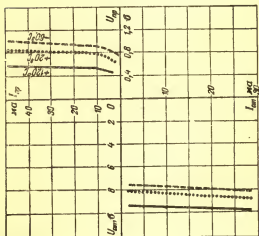


Рис. 9-13. Вольт-амперные характеристики диода Д809 при различных температурах окружающей среды.

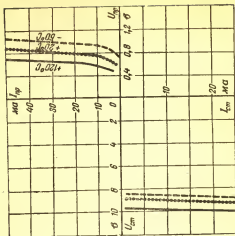


Рис. 9-14. Вольт-амперные характеристики диода Д810 при различных температурах окружающей среды.

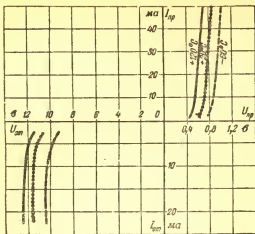


Рис. 9-15. Вольт-амперные характеристики диода Д811 при различных температурах окружающей среды.

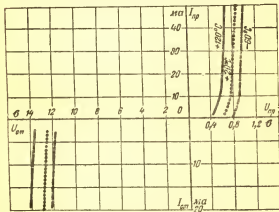


Рис. 9-16. Вольт-амперные характеристики диода Д813 при различных температурах окружающей среды.

9-3. Диоды опорные (стабилитроны) Д814А, Д814Б, Д814В, Д814Г, Д814Д

Предназначены для работы в схемах стабилизации напряжения.

Оформлены в герметичном металлическом корпусе со стеклянным изолятором.

Стабилитроны можно соединять последовательно. Параллельное соединение стабилитронов разрешается только в целях резервирования при условии, что рассеиваемая на них мощность не превышает максимальную для одного стабилитрона.

Электрические параметры при температуре $+20 \pm 5^\circ \text{C}$

Тип диода	Напряжение стабилизатора, ϕ , при токе стабилизации 5 мА	Прямое падение напряжения $U_{пр}$, в (не более), при прямом токе 50 мА	Динамическое сопротивление R_d , ом не более	Обратный ток $I_{обр}$, мкА не более	Дрейф напряжения стабилизатора, в (не более), при токе стабилизации 5 мА	Температура коэффициента напряжения стабилизатора, $\%/^\circ \text{C}$ не более	Максимальный прямой ток $I_{пр. макс.}$, мА	Предельная мощность, $P_{доп}$, мВт	Предельный ток стабилизатора $I_{ст}$, мА
Д814А	7—8,5	1	$12^1 \ 6^3$	0,1	0,17	0,07	100	340	40
Д814Б	8—9,5	1	$18^1 \ 10^3$	0,1	0,19	0,08	100	340	36
Д814В	9—10,5	1	$25^1 \ 12^3$	0,1	0,21	0,09	100	340	32
Д814Г	10—12	1	$30^1 \ 15^3$	0,1	0,24	0,095	100	340	29
Д814Д	11,5—14	1	$35^1 \ 18^3$	0,1	0,28	0,095	100	340	24

Примечание: 1. При токе стабилизации 1 мА.
2. При токе стабилизации 5 мА. 3. При обратном напряжении $U_{обр}$ 1 в.

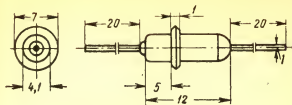


Рис. 9-17. Габаритный чертеж диодов Д814А—Д814Д.

9-4. Диоды опорные (стабилитроны) кремниевые Д815А, Д815АП, Д815Б, Д815БП, Д815В, Д815ВП, Д815Г, Д815ГП, Д815Д, Д815ДП, Д815Е, Д815ЕП, Д815Ж, Д815ЖП, Д816А, Д816АП, Д816Б, Д816БП, Д816В, Д816ВП, Д816Г, Д816ГП, Д816Д, Д816ДП, Д817А, Д817АП, Д817Б, Д817БП, Д817В, Д817ВП, Д817Г, Д817ГП

Предназначены для работы в схемах стабилизации напряжения. Оформлены в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и гибким выводом; второй вывод — с болтом для крепления.

Вес стабилитрона не более 6 г.

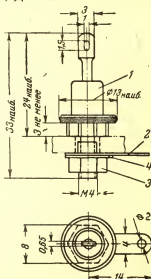


Рис. 9-18. Габаритный чертеж диодов Д815А—Д817ГП.

Параметры	Тип				
	Д815А Д815АП	Д815Б Д815БП	Д815В Д815ВП	Д815Г Д815ГП	Д815Д Д815ДП
Максимально допустимая мощность $P_{\text{макс.}} \text{ вт}$. . .	8	8	8	8	8
Напряжение стабилизации $U_{\text{ст.}}$ в: при $+25^\circ\text{C}$	5,6	6,8	8,2	10	12
Ток стабилизации $I_{\text{ст.}}$ (максимальный) ма: при температуре от -60°C окружающей среды до $+75^\circ\text{C}$ на корпусе	1 400	1 150	950	800	650
Прямой ток $I_{\text{пр. макс.}}$ ма	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Дифференциальное сопро- тивление $R_{\text{д}}$ (не более), ом: при $+25^\circ\text{C}$	0,6	0,8	1	1,8	2
Температурный коэффициент напряжения, ТКН, $\%/^\circ\text{C}$	0,045	0,05	0,07	0,08	0,09

Примечания: 1. У стабилитронов, не имеющих буквы при включении в прямом направлении.

2. Стабилитроны с буквой П в наименовании имеют об
3. Отклонение величин напряжения стабилизации от ном
4. Максимальная мощность приведена в интервале
5. Температурный коэффициент напряжения приведен в
6. Жирным шрифтом выделены классификационные пара

параметры

днода

Д816Е Д816ЕП	Д816Ж Д816ЖП	Д816А Д816АП	Д816Б Д816БП	Д816В Д816ВП	Д816Г Д816ГП	Д816Д Д816ДП	Д817А Д817АП	Д817Б Д817БП	Д817В Д817ВП	Д817Г Д817ГП
8	8	6	6	6	6	6	6	6	6	6
15	18	22	27	33	39	47	56	68	82	100
550	450	230	180	150	130	110	90	75	60	50
1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
2,5	3	7	8	10	12	15	35	40	45	50
0,1	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,14	0,14	0,14	0,14

П в наименовании, корпус является положительным электродом
 ратную полярность.
 нальных значений $\pm 10\%$.
 температур окружающей среды $-60 \div +75^\circ \text{C}$.
 интервале температур окружающей среды $-60 \div +125^\circ \text{C}$.
 метры.

Предельные эксплуатационные данные

Интервал рабочих температур от -60 до $+125^{\circ}\text{C}$.
Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$
до 98%.

Атмосферное давление от 5 мм рт. ст. до 3 ат.

Постоянные и ударные ускорения до 150 g.

Вибрационные ускорения до 15 g с амплитудой не более
1,5 мм в диапазоне частот от 5 до 2 000 гц.

Одиночные удары с ускорением до 500 g.

Срок службы не менее 5 000 ч.

Указания по эксплуатации

Температура корпуса стабилитрона (она не должна превышать $+135^{\circ}\text{C}$) измеряется с помощью термопары. Термопара зажимается между стабилитроном и радиатором вплотную к винту. Между термопарой и радиатором помещается прокладка из мягкого металла (свинец или его сплав) толщиной 0,3 мм.

Следует обращать внимание на плотность прилегания стабилитрона к радиатору. Допускается применение принудительного охлаждения.

Максимальная мощность рассеяния стабилитронов Д815А — Д815Ж, Д815АП — Д815ЖП в интервале температур корпуса от -60 до $+90^{\circ}\text{C}$ — 8 вт. При повышении температуры корпуса свыше $+90^{\circ}\text{C}$ мощность снижается линейно.

Максимальная мощность рассеяния стабилитронов Д816А — Д816Д, Д816АП — Д816ДП, Д817А — Д817Г, Д817АП — Д817ГП в интервале температур корпуса от -60 до $+75^{\circ}\text{C}$ — 5 вт. При повышении температуры корпуса свыше $+75^{\circ}\text{C}$ мощность снижается линейно (рис. 9-19).

В случае работы прибора в качестве стабилизатора при максимальном токе стабилизации превышение температуры корпуса над температурой окружающей среды не должно быть более 40°C для Д815А — Д815Ж, Д815АП — Д815ЖП и более 25°C для остальных типов. Для ослабления тепловой инерции стабилитронов рекомендуется указанный перепад температур уменьшать.

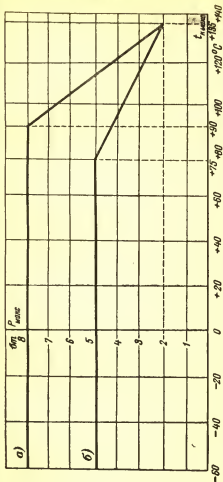


Рис. 9-19. График зависимости максимальной мощности от температуры корпуса
диодов Д815Ж, Д815АП, Д816Д, Д817А, Д817Г, Д817П, Д817АП.

а — для стабилизаторов Д815А — Д815Ж и Д815АП — Д815ЖП; б — для стабилизаторов Д816А — Д816Д, Д817А — Д817Г и Д816АП — Д816ДП, Д817АП — Д817П.

Допускается последовательное соединение любого количества стабилитронов.

Параллельное соединение допускается только для стабилитронов одного типа при условии, если в схеме суммарная мощность, рассеиваемая во всех параллельно включенных стабилитронах, не превышает максимальной мощности одного стабилитрона данного типа.

При работе в качестве стабилизатора и ограничителя напряжения стабилитрон должен быть включен полярностью, обратной указанной на корпусе прибора.

Монтажные провода припаиваются к верхнему выводу стабилитрона; температура пайки не должна превышать $+170^{\circ}\text{C}$. Место спая должно находиться не ближе 5 мм от точки крепления гибкого вывода к корпусу прибора.

9-5. Диоды опорные
(стабилитроны) кремниевые
Д818А, Д818Б, Д818В,
Д818Г, Д818Д, Д818Е

Предназначены для работы в схемах стабилизации напряжения. Оформлены в металлостеклянном корпусе с гибкими выводами.

Вес стабилитрона 1 г.

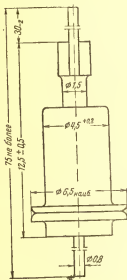


Рис. 9-20. Габаритный чертеж диодов Д818А—Д818Е.

Электрические параметры

Параметры	Тип стабилизатора					
	D818A	D818B	D818B	D818Г	D818Д	D818Е
Максимальная мощность $P_{\text{макс}}$, <i>вт</i> :						
при +120°С	100	100	100	100	100	100
в интервале температур -60÷ +50°С	300	300	300	300	300	300
Напряжение стабилизации $U_{\text{ст}}$, <i>в</i> :						
при +25°С	9	9	9	9	9	9
Максимальный ток стабилизации $I_{\text{ст}}$, <i>макс. ма</i> :						
при +120°С	11	11	11	11	11	11
в интервале температур -60÷ +50°С	33	33	33	33	33	33
Минимальный ток стабилизации $I_{\text{ст}}$, <i>мин. ма</i>	3	3	3	3	3	3
Температурный коэффициент напри- жения ТКН $\%/^{\circ}\text{C}$	+0.02	-0.02	±0.01	±0.005	±0.002	±0.001
Дифференциальное сопротивление R_d , <i>ом</i> :						
при +25°С	18	18	18	18	18	18

Примечания: 1. ТКН приведены в интервале температур -60÷+120°С.
2. В интервале температур +50÷+120°С $P_{\text{макс}}$ и $I_{\text{ст}}$ снижаются линейно.

Предельные эксплуатационные данные

Интервал рабочих температур от -60 до $+120^{\circ}\text{C}$.
Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$
до 98%.

Атмосферное давление от 5 мм рт. ст. до 3 ат.
Срок службы 5 000 ч.

Указания по эксплуатации

При работе в схеме стабилитрон должен быть включен полярностью, обратной указанной на корпусе прибора.

С целью получения высокостабильного эталонного напряжения на стабилитроне требуется возможно более точно поддерживать величину номинального тока (10 ма), что обеспечивает стабильность работы прибора при изменении температуры, а также уменьшает изменение напряжения при изменении тока.

В эксплуатационной схеме можно работать при токе стабилизации, отличном от номинального; при этом рекомендуемая рабочая область токов стабилизации лежит в пределах 5—10 ма.

Допускается последовательное соединение любого количества стабилитронов. Параллельное соединение стабилитронов допускается при условии, что суммарная мощность, рассеиваемая на всех параллельно включенных стабилитронах, не превышает максимальной мощности для одного стабилитрона.

Приборы припаиваются к элементам схем на расстоянии не ближе 5 мм от корпуса. Не допускается нагрев корпуса свыше $+140^{\circ}\text{C}$.

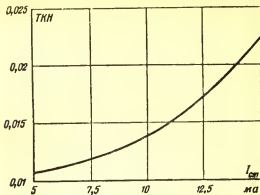


Рис. 9-21. Типовая зависимость среднего значения TKH от тока стабилизации для диода Д818А.

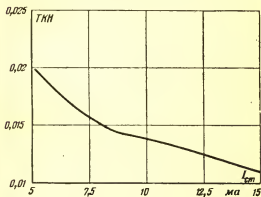


Рис. 9-22. Типовая зависимость среднего значения TKH от тока стабилизации для диода Д818Б.

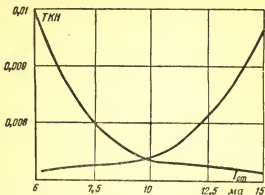


Рис. 9-23. Типовая зависимость среднего значения ТКН от тока стабилизации для диода Д818В.

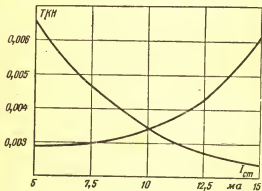


Рис. 9-24. Типовая зависимость среднего значения ТКН от тока стабилизации для диода Д818Г.

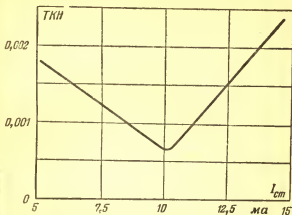


Рис. 9-25. Типовая зависимость среднего значения ТКН от тока стабилизации для диодов Д818Д и Д818Е.

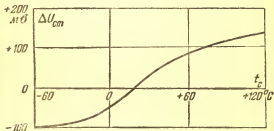


Рис. 9-26. Изменение напряжения стабилизации в зависимости от изменения температуры окружающей среды для диода Д818А.

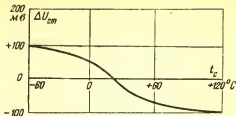


Рис. 9-27. Изменение напряжения стабилизации в зависимости от изменения температуры окружающей среды для диода Д818Б.

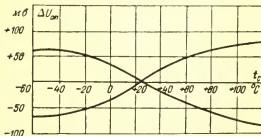


Рис. 9-28. Изменение напряжения стабилизации в зависимости от изменения температуры окружающей среды для диода Д818Б.

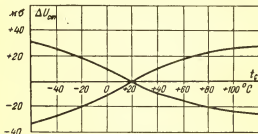


Рис. 9-29. Изменение напряжения стабилизации в зависимости от изменения температуры окружающей среды диода Д818Б.

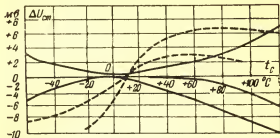


Рис. 9-30. Изменение напряжения стабилизации в зависимости от температуры окружающей среды для диодов Д818Д и Д818Е.

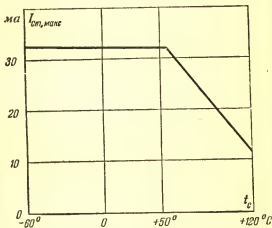


Рис. 9-31. Зависимость максимального тока стабилизации от температуры окружающей среды диодов Д818А—Д818Е.

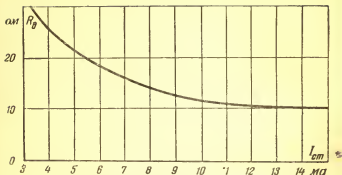


Рис. 9-32. Зависимость дифференциального сопротивления от тока стабилизации диодов Д818А—Д818Е.

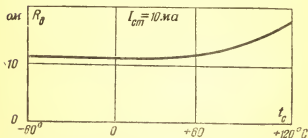


Рис. 9-33. Зависимость дифференциального сопротивления от температуры окружающей среды для диодов Д818А—Д818Е.

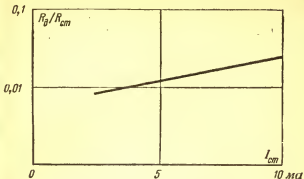


Рис. 9-34. Зависимость отношения дифференциального сопротивления к статическому сопротивлению от тока стабилизации для диодов Д818А—Д818Е.

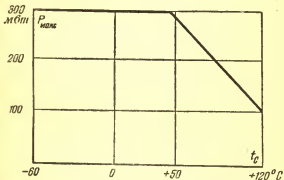


Рис. 9-35. Зависимость максимальной мощности от температуры окружающей среды диодов Д818А—Д818Е.

9-6. Диоды опорные (стабилитроны) кремниевые типов
2С920А, 2С920АП, 2С930А, 2С930АП, 2С950А,
2С950АП, 2С980А, 2С980АП

Предназначены для стабилизации напряжения в радиоэлектронной аппаратуре. Стабилитроны выпускаются в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и жесткими выводами. Вес не более 6 г.

Электрические параметры

Параметры	Типы стабилитронов			
	2С920А, 2С920АП	2С930А, 2С930АП	2С950А, 2С950АП	2С980А, 2С980АП
Номинальное значение напряжения стабилизации $U_{ст.ном.}$, в	120	130	150	180
Дифференциальное сопротивление стабилитрона в рабочем участке характеристики $R_{д2}$, не более ом	100	120	170	220
Дифференциальное сопротивление стабилитрона в начальном участке характеристики $R_{д1}$, не более ом	500	800	1 200	1 500
Максимальный ток стабилизации $I_{ст.макс.}$, ма:				
при температуре до $+75^{\circ}\text{C}$ на корпусе	42	38	33	28
при температуре $+130^{\circ}\text{C}$ на корпусе	16	15	13	11
Минимальный ток стабилизации $I_{ст.мин.}$, ма	5	5	2,5	2,5

Примечание. Параметры действительны при температуре $+20^{\circ}\text{C}$. Приборы с буквой П имеют обратную полярность

Температурный коэффициент напряжения стабилизации при температуре от -60 до $+120^{\circ}\text{C}$, ТКН	$0,16\%/^{\circ}\text{C}$
Прямой ток через стабилитрон, $I_{\text{пр}}$	1000 мА
Прямое напряжение, $U_{\text{пр}}$	$1,5\text{ в}$

Предельные эксплуатационные данные

Максимальная мощность, рассеиваемая стабилитроном, $P_{\text{макс}}$:

при температуре до $+75^{\circ}\text{C}$ на корпусе 5 Вт

при температуре до $+130^{\circ}\text{C}$ на корпусе 2 Вт

Максимальная температура корпуса $+130^{\circ}\text{C}$

Интервал рабочих температур От -60 до $+120^{\circ}\text{C}$

Относительная влажность окружающей среды при температуре $+40^{\circ}\text{C}$ $95-98\%$

Постоянные и ударные ускорения (при многократных ударах) До $150g$

Вибрационное ускорение в диапазоне частот от 5 до 2000 гц До $15g$

Одиночные удары с ускорением До $500g$

Срок службы не менее 5000 ч .

Указания по эксплуатации

Допускается последовательное соединение любого количества стабилитронов.

Параллельное соединение стабилитронов допускается при условии, что суммарная мощность, рассеиваемая на всех параллельно включенных стабилитронах, не превосходит предельной мощности для одного стабилитрона.

При работе стабилитронов они должны укрепляться на теплоотводящем радиаторе. Отверстие в радиаторе должно быть не более $4,3\text{ мм}$.

Допускается ввинчивание стабилитрона в радиатор. Особое внимание должно быть обращено на плотность прилегания стабилитрона к радиатору. Если радиатор окрашен, то место крепления стабилитрона должно быть тщательно очищено от краски и отшлифовано.

Допускается применение принудительного охлаждения. Способ отвода тепла должен обеспечивать сохранение температуры корпуса не выше $+130^{\circ}\text{C}$.

При монтаже и эксплуатации стабилитронов запрещается прилагать усилия, превышающие 0,1 кг.

В целях повышения надежности следует эксплуатировать стабилитроны в режимах на 30% ниже предельных.

Пайка стабилитронов должна производиться на расстоянии не менее 5 мм от корпуса паяльником мощностью 60—70 Вт в течение 2—3 сек.

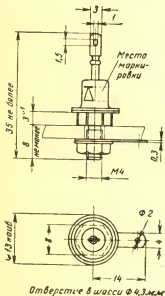


Рис. 9-36. Габаритный чертеж стабилитронов 2С920А, 2С930А, 2С950А, 2С980А.

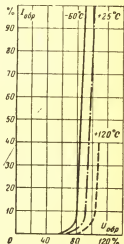


Рис. 9-37. Обратная ветвь вольт-амперной характеристики стабилитронов 2С920А, 2С930А, 2С950А, 2С980А.

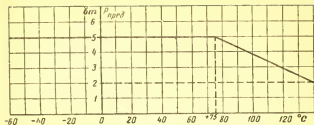


Рис. 9-38. Зависимость предельной мощности рассеивания стабилитронов 2C920А, 2C930А, 2C950А, 2C980А от температуры корпуса.

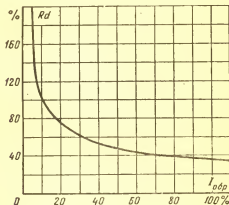


Рис. 9-39. Зависимость дифференциального сопротивления стабилитронов 2C920А, 2C930А, 2C950А, 2C980А от тока стабилизации при $+25^{\circ}\text{C}$.

ДИОДЫ ПЕРЕКЛЮЧАЮЩИЕ

10-1. Диоды кремниевые переключающие неуправляемые
Д227А, Д227Б, Д227В, Д227Г, Д227Д, Д227Е, Д227Ж,
Д227И

Предназначены для использования в качестве ключевых элементов в радиоэлектронных устройствах и схемах автоматики.

Оформлены в металлическом сварном корпусе со стеклянным изолятором и болтом для крепления.

Вес без радиатора 7,4 г.

Таблица электрических параметров приведена на стр. 266—267.

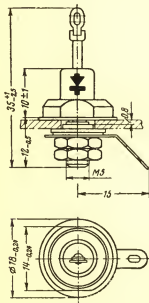


Рис. 10-1. Габаритный чертеж диодов Д227А—Д227И.

Предельные эксплуатационные данные

Интервал рабочих температур от -60 до $+100^{\circ}\text{C}$.
Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$ до 98%.

Атмосферное давление от 5 мм рт. ст. до 2 ат.

Постоянные и многократные ударные ускорения до 150 g.

Одноразовые удары с ускорением до 500 g.

Вибрационные ускорения до 15 g в диапазоне частот от 5 до 2 000 гц.

Срок службы не менее 5 000 ч.

Указания по эксплуатации

Работа диодов в предельных режимах допускается только при креплении их на шасси толщиной не менее 1 мм. Площадь шасси, приходящаяся на один диод, должна быть не менее 40 см². Допускается применение любого другого дополнительного теплоотвода, при котором температура корпуса диода не будет превышать $+100^{\circ}\text{C}$.

При монтаже диода в схемах запрещается изгиб верхнего лепестка по отношению к оси диода.

10-2. Диоды кремниевые переключающие неуправляемые Д228А, Д228Б, Д228В, Д228Г, Д228Д, Д228Е, Д228Ж, Д228И

Предназначены для использования в качестве ключевых элементов в радиоэлектронных устройствах и схемах автоматики.

Оформлены в металлическом сварном корпусе с гибкими выводами. Вес без радиатора 1,4 г.

Таблица электрических параметров приведена на стр. 268—269.

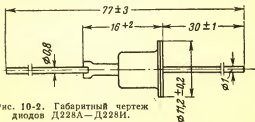


Рис. 10-2. Габаритный чертеж диодов Д228А—Д228И.

Параметры	Тип			
	Д227А	Д227В	Д227В	
Максимальное обратное напряжение $U_{обр. макс.}$	10	10	10	
Остаточное напряжение $U_{ост}$ (не более), в	1,5	1,5	1,5	
Напряжение переключения $U_{пер.}$ в	10—20	14—28	20—40	
Ток переключения $I_{пер}$ (не более), ма	5	5	5	
Ток выключения $I_{выкл}$ (не более), ма	15	15	15	
Ток утечки $I_{ут}$ (не более), ма	100	100	100	
Обратный ток $I_{обр}$ (не более), ма	0,5	0,5	0,5	
Максимальный постоянный ток $I_{макс.}$ ма	200	200	200	
Максимальный импульсный ток $I_{и.макс.}$ а*:				
при длительности импульса $\tau_{и} < 10$ мсек	2	2	2	
при длительности импульса $\tau_{и} < 10$ мсек	10	10	10	
Время включения $\tau_{вкл}$ (не более), мсек	0,5	0,5	0,5	
Время выключения $\tau_{выкл}$ (не более), мсек	10	10	10	
Емкость диода C_d (не более), пф	100	100	100	
Максимальная температура корпуса $t_{к. макс.}$ °С	+100	+100	+100	

* При среднем токе через прибор не более 20 ма. При длительности импульсного тока определяется по формуле $I = 12,7$ —

Примечания: 1. Величины $U_{ост}$, $I_{пер}$, $I_{выкл}$, $I_{ут}$, $t_{к. макс.}$

2. Жирным шрифтом выделен классификационный пар

параметры

двоба

Д227Г	Д227Д	Д227Е	Д227Ж	Д227И
10	10	10	10	10
1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
28—56	40—80	56—112	80—160	100—200
5	5	5	5	5
15	15	15	15	15
100	100	100	100	100
0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
200	200	200	200	200
2	2	2	2	2
10	10	10	10	10
0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
10	10	10	10	10
100	100	100	100	100
+100	+100	+100	+100	+100

тельности импульса $\tau_{\text{и}} = 10 \text{ мксек} \pm 10 \text{ мксек}$ значение максим.
 $2,7 \lg \tau_{\text{и}}$, где ток I — в амперах, $\tau_{\text{и}}$ — в микросекундах.

$I_{\text{обр}}$, $\tau_{\text{вкл}}$, $\tau_{\text{выкл}}$, C_d приведены в интервале рабочих температур.

Электрические параметры

Параметры	Тип диода							
	Д228А	Д228В	Д228В	Д228Г	Д228Д	Д228Е	Д228Ж	Д228И
Остаточное напряжение $U_{ост}$ (не более), в	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Напряжение переключения $U_{пер.в}$ 10—20	14—20	14—28	20—40	28—56	40—80	56—112	80—160	100—200
Ток переключения $I_{пер}$ (не более), ма	1	1	1	1	1	1	1	1
Ток выключения $I_{выкл}$ (не более), ма	15	15	15	15	15	15	15	15
Ток утечки $I_{ут}$ (не более), мка	60	60	60	60	60	60	60	60
Обратный ток $I_{обр}$ (не более), ма	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Максимальный постоянный ток $I_{макс}$, ма	50	50	50	50	50	50	50	50
Максимально допустимый импульсный ток $I_{н.макс}$, а*; при длительности импульса $\tau_H < 10$ мекс	2	2	2	2	2	2	2	2

Параметры	Тип диода							
	Д228А	Д228Б	Д228В	Д228Г	Д228Д	Д228Е	Д228Ж	Д228И
при длительности импульса $\tau_H < 10 \text{ мксек}$	10	10	10	10	10	10	10	10
Время включения $\tau_{\text{вкл}}$ (не более), мксек	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Время выключения $\tau_{\text{выкл}}$ (не более), мксек	5	5	5	5	5	5	5	5
Емкость диода C_d (не более), пф	80	80	80	80	80	80	80	80
Максимальная температура корпуса $t_{\text{к, макс}}$	+100	+100	+100	+100	+100	+100	+100	+100

* При среднем токе через прибор не более 50 ма. При длительности импульса $\tau_H = 10 \text{ мксек}$ + 10 мксек значение максимального импульсного тока определяется по формуле $I = 12.7 - 2.7 \lg \tau_H$, где ток I — в амперах, τ_H — в микросекундах.

Примечания: 1. Величины $U_{\text{ост}}$, $I_{\text{пер}}$, $I_{\text{выкл}}$, $I_{\text{ут}}$, $I_{\text{обр}}$, $\tau_{\text{выкл}}$, C_d приведены в интервале рабочих температур.

2. Жирным шрифтом выделен классификационный параметр.

Предельные эксплуатационные д а и н ы е

Интервал рабочих температур от -60 до $+100^{\circ}\text{C}$.
Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$
до 98%.

Атмосферное давление от 5 мм рт. ст. до 2 ат.

Постоянные и многократные ударные ускорения до
150 g.

Одноразовые удары с ускорением до 500 g.

Вибрационные ускорения до 15 g в диапазоне частот от
5 до 2 000 гц.

Срок службы не менее 5 000 ч.

У к а з а н и я п о э к с п л у а т а ц и и

В устройствах переключающие диоды следует располагать таким образом, чтобы обеспечить беспрепятственно их охлаждение и предохранить от перегрева свыше $+100^{\circ}\text{C}$ со стороны соседних элементов.

При эксплуатации диодов в условиях механических вибраций и ускорений необходимо их крепить за корпус.

Диоды припаиваются к элементам схем на расстоянии не менее 10 мм от корпуса паяльником мощностью 60 вт в течение не более 2 сек без применения кислотных флюсов.

10-3. Диоды кремниевые переключающие управляемые Д235А, Д235Б, Д235В, Д235Г

Предназначены для работы в схемах переключения.

Оформлены в металлическом герметичном корпусе с винтом для крепления.

Вес диода 17 г.

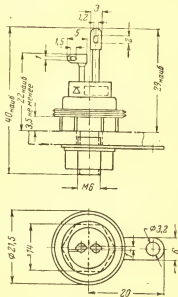


Рис. 10-3. Габаритный чертеж диодов Д235А—Д235Г.

Электрические параметры

Параметры	Тип диода			
	Д235А	Д235Б	Д235В	Д235Г
Обратное напряжение $U_{обр}$ (не менее), в: при температурах $+100$ и -60°C	—	—	40	80
Остаточное напряжение $U_{ост}$ (не более), в: при $+25^{\circ}\text{C}$	2	2	2	2
Ток утечки $I_{ут}$ (не более), ма: при $+25^{\circ}\text{C}$	1	1	1	1
Напряжение переключения $U_{пер}$ (не менее), в: при $+25^{\circ}\text{C}$	40	100	40	100
при $+100^{\circ}\text{C}$	40	80	40	80
при -60°C	40	80	40	80
Ток управления I_y (не более), ма: при $+25^{\circ}\text{C}$	20	20	20	20
при -60°C	50	50	50	50
Ток выключения $I_{выкл}$ (не бо- лее), ма: при -60°C	100	100	100	100
Максимальный ток в открытом состоянии $I_{откр. макс.}$ а: при температуре корпуса до $+70^{\circ}\text{C}$	2	2	2	2
Максимальная мощность $P_{макс.}$ вт: при температуре корпуса до $+70^{\circ}\text{C}$	4	4	4	4
Время включения $\tau_{вкл}$ (не более), мксек	5	5	5	5
Время выключения $\tau_{выкл}$ (не бо- лее), мксек	35	35	35	35

Примечания: 1. В интервале температур корпуса от $+70$ до $+100^{\circ}\text{C}$ ток в открытом состоянии и мощность определяются соответственно по формулам

$$I_{откр. макс.} = \frac{(102 - t_k)^{\circ}\text{C}}{16}, \text{ а и } P_{макс.} = \frac{(102 - t_k)^{\circ}\text{C}}{8} \text{ вт,}$$

где t_k — температура корпуса диода.

2. Жирным шрифтом выделены классификационные пара-
метры.

Предел ьные эксплуатационные данные

Интервал рабочих температур от -60 до $+100^{\circ}\text{C}$.
Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$
до 98%.

Атмосферное давление от 5 мм рт. ст. до 3 ат.

Постоянные и ударные ускорения до 150 g.

Вибрационные ускорения до 15 g в диапазоне частот от
5 до 2 000 гц

Одиночные удары с ускорением до 500 g.

Срок службы не менее 5 000 ч.

Указания по эксплуатации

Нельзя подавать на управляющий электрод обратное напряжение свыше 1 в.

Максимальная величина включающего тока управляющего электрода в интервале рабочих температур не должна быть более 150 ма.

При длительности импульса до 10 м сек допускается амплитудное значение тока до 10 а при среднем токе до 1 а, если рассеиваемая мощность не превышает допустимую во всем интервале температур.

При одиночных импульсах длительностью до 50 мсек допускается амплитудное значение тока до 30 а.

Максимальная температура корпуса диода $+100^{\circ}\text{C}$. Ее превышение, даже кратковременное, не допускается.

В устройствах диоды следует располагать таким образом, чтобы обеспечить их беспрепятственное охлаждение и предохранить от дополнительного перегрева сверх $+100^{\circ}\text{C}$ со стороны соседних элементов.

В условиях механических вибраций и ускорений диоды необходимо крепить за корпус.

Диоды присоединяются к элементам схем при помощи пайки или другими способами, при которых температура вывода у корпуса не превышает $+100^{\circ}\text{C}$.

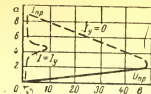


Рис. 10-4. Вольт-амперные характеристики диода Д235А.

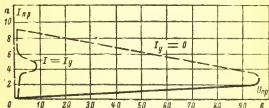


Рис. 10-5. Вольт-амперная характеристика диода Д235Б.

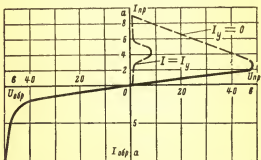


Рис. 10-6. Вольт-амперная характеристика диода Д235В.

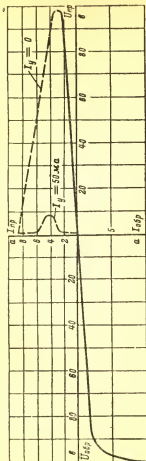


Рис. 10-7. Вольт-амперная характеристика диода Д235Г.

10-4. Диоды кремниевые переключающие управляемые Д238А, Д238Б, Д238В, Д238Г, Д238Д, Д238Е

Предназначены для работы в схемах переключения.

Оформлены в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и гибкими выводами (положительный вывод электрически соединен с корпусом диода).
Вес диода не более 40 г.

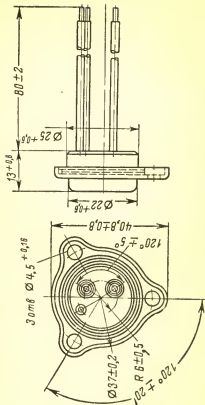


Рис. 10-8. Габаритный чертеж диодов Д238А—Д238Е.

Электрические параметры

Параметры	Тип днода					
	Д238А	Д238Б	Д238В	Д238Г	Д238Д	Д238Е
Обратное напряжение $U_{обр}$ (не менее), <i>в</i>	—	—	—	50	100	150
Остаточное напряжение $U_{ост}$ (не более), <i>в</i> : при $I_y = 0$ (ток через прибор 10 а) и температуре $+20^\circ\text{C}$	2	2	2	2	2	2
Напряжение переключения $U_{пер}$ (не менее), <i>в</i> : при $I_y = 0$ и температурах $+20^\circ$, $+100$ и -50°C	50	100	150	50	100	150
Ток управления I_y (не более), <i>ма</i> : при -50°C	150	150	150	150	150	150
Максимальный ток в открытом состоянии $I_{откр. макс}$ <i>а</i> : при температуре корпуса $+40^\circ\text{C}$	10	10	10	10	10	10
Максимальная мощность $P_{макс}$, <i>вт</i> : при температуре корпуса до $+40^\circ\text{C}$	20	20	20	20	20	20
Время включения $\tau_{вкл}$ (не более), <i>мксек</i> : при $I_y = 150$ <i>ма</i> (ток через прибор 10 а) и температуре $+20^\circ\text{C}$	10	10	10	10	10	10
Время выключения $\tau_{выкл}$ (не более), <i>мксек</i> : при температуре $+20^\circ\text{C}$ (ток через прибор 10 а)	35	35	35	35	35	35

Примечания: 1. Если рассеиваемая прибором мощность не превышает максимальную в интервале рабочих температур, ток в открытом состоянии определяется по формуле $I_{откр. макс} = \frac{(100-t_k)^\circ\text{C}}{6}$, *а*.

2. При температуре корпуса от $+40$ до $+100^\circ\text{C}$ мощность определяется по формуле $P_{макс} = \frac{(100-t_k)^\circ\text{C}}{3}$, *вт*.

3. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.

Предельные эксплуатационные данные

Интервал рабочих температур от -50 до $+100^{\circ}\text{C}$.
Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$
до 98%.

Атмосферное давление от 5 мм рт. ст. до 3 ат.

Постоянные и ударные ускорения до 150 g.

Вибрационные ускорения до 15 g в диапазоне частот от 5
до 2 000 гц.

Одиночные удары с ускорением до 500 g.

Срок службы не менее 5 000 ч.

Указания по эксплуатации

Нельзя подавать на управляющий электрод обратное напряжение свыше 1 в.

Диоды припаиваются к элементам схем на расстоянии не менее 30 мм от корпуса с обязательным применением теплоотводящей панели, соединяемой с корпусом прижимным фланцем. Температура корпуса во время пайки не должна превышать $+120^{\circ}\text{C}$. При эксплуатации диодов в условиях механических вибраций и ускорений необходимо их крепить за корпус.

ВАРИКАПЫ

11-1. Варикапы кремниевые Д901А, Д901Б, Д901В, Д901Г, Д901Д, Д901Е

Основное применение — перестройка резонансной частоты контура в схемах АПЧ, ЧМ, параметрических усилителях и др.

Оформлены в металлическом герметичном корпусе. Вес варикапа 0,65 г.

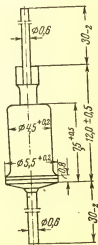


Рис. 11-1. Габаритный
чертеж диодов Д901А—
Д901Е.

Электрические параметры

Параметры	Тип азаркапа					
	D901A	D901B	D901B	D901Г	D901Д	D901Е
Максимальное напряжение смещения $U_{см}$, в:						
при $+20^{\circ}\text{C}$	80	45	80	45	80	45
Обратный ток $I_{обр}$ (не более), мкА						
при $+20^{\circ}\text{C}$	1	1	1	1	1	1
при $+125^{\circ}\text{C}$	25	25	25	25	25	25
Номинальная емкость $C_{ном}$, пф:						
при напряжении смещения $U_{см} = 4$ в и температуре $+20^{\circ}\text{C}$	22—32	22—32	28—38	28—38	34—44	34—44
Коэффициент перекрытия по емкости K_C	4	3	4	3	4	3
Температурный коэффициент емкости ТКЕ (не более), $1/\text{град}$, в интервале температур $-60 \div +125^{\circ}\text{C}$: при напряжении $U_{см} = 4$ в	$500 \cdot 10^{-6}$	$500 \cdot 10^{-6}$	$500 \cdot 10^{-6}$	$500 \cdot 10^{-6}$	$500 \cdot 10^{-6}$	$500 \cdot 10^{-6}$

Параметры	Тип варианта					
	Д901А	Д901В	Д901В	Д901Г	Д901Д	Д901Е
при напряжении $U_{см} = 40 \text{ в}$	$200 \cdot 10^{-6}$	$200 \cdot 10^{-6}$	$200 \cdot 10^{-6}$	$200 \cdot 10^{-6}$	$200 \cdot 10^{-6}$	$200 \cdot 10^{-6}$
Добротность диода Q_d (не менее), при $U_{см} = 4 \text{ в}$, на частоте $f =$ $= 50 \text{ МГц}$ при $+20^\circ \text{C}$	25	30	25	30	25	30
Максимально допустимая мощность $P_{\text{макс}}$ ватт: в интервале температур $-60 \div$ $+25^\circ \text{C}$	250	250	250	250	250	250

Примечания: 1. При температуре выше $+25^\circ \text{C}$ мощность уменьшается на 2 Мвт через каждый 1°C .

2. При температуре $+25^\circ \text{C}$ величина добротности снижается в 2,5 раза.

3. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.

Предельно допустимые эксплуатационные данные

Интервал рабочих температур от -60 до $+125^{\circ}\text{C}$.
Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$ до 98%.

Атмосферное давление от 5 мм рт. ст. до 3 ат.

Постоянные и ударные ускорения до 150 g.

Вибрация с ускорением до 15 g в диапазоне частот от 5 до 2 000 гц.

Срок службы не менее 5 000 ч.

Указания по эксплуатации

При работе в схеме в качестве переменной емкости варикап должен быть включен полярностью, обратной по отношению к указанной на его корпусе.

Варикапы припаиваются к элементам схем паяльником мощностью 60 вт в течение 2—3 сек на расстоянии не ближе 5 мм от корпуса с обязательным теплоотводом между местом пайки и корпусом прибора. В качестве теплоотвода можно применять пинцет с плоскими губками шириной не менее 2,5 мм, толщиной не менее 2 мм. Диоды припаиваются оловянно-свинцовым припоем ПОС-61. Температура корпуса прибора не должна превышать $+140^{\circ}\text{C}$.

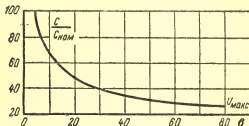


Рис. 11-2. Зависимость емкости от напряжения для диода Д901А—Д901Е (по оси ординат отложено отношение текущей емкости к номинальному ее значению в процентах).

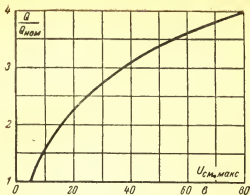


Рис. 11-3. Зависимость отношения добротностей от максимального напряжения смещения диода Д901А–Д901Е.

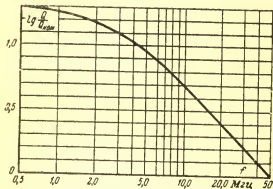


Рис. 11-4. Зависимость логарифма отношения добротности от рабочей частоты диода Д901А–Д901Е (Q — текущее значение добротности, $Q_{\text{ном}}$ — номинальное ее значение).

РАЗДЕЛ ДВЕНАДЦАТЫЙ ДИОДЫ ТУННЕЛЬНЫЕ

12-1. Диоды туннельные германиевые 1И302А, 1И302Б, 1И302В, 1И302Г

Предназначены для работы в переключающих схемах вычислительных устройств.

Диоды оформлены в металлостеклянном корпусе с гибкими выводами.

Вес диода не более 0,1 г.

Электрические параметры

Параметры	Тип диода			
	1И302А	1И302Б	1И302В	1И302Г
Ток максимума $I_{\text{макс}}$, ма: при $+20^\circ\text{C}$	1,7— 2,3	4,3— 5,8	8,5— 11,5	13—17
Отношение тока максимума к току минимума $I_{\text{макс}}/I_{\text{мин}}$ не менее: при $+20$ и -60°C	4,5	4,5	4,5	4,5
при $+70^\circ\text{C}$	3,5	3,5	3,5	3,5
Напряжение максимума $U_{\text{(макс)}}$ (не более), ма	60	60	60	60
Емкость диода ¹ C_d (не более), пф: при $+20^\circ\text{C}$	80	180	180	200

¹ На частоте $8 \cdot 10^8$ сц.

Примечание. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.

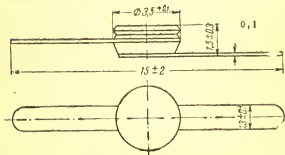


Рис. 12-1. Габаритный чертеж диодов 1И302А — 1И302Г.

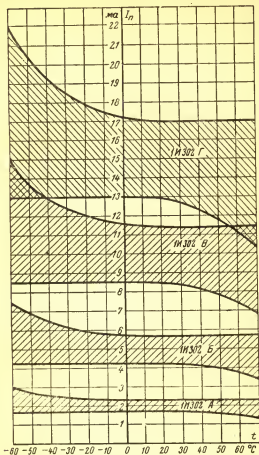


Рис. 12-2. График зависимости тока I_{max} от температуры окружающей среды для диодов 1N302A—1N302Г.

Пределные эксплуатационные данные

Интервал рабочих температур от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$.
Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$
до 98%.

Атмосферное давление от 5 мм рт. ст. до 3 ат.

Постоянные ускорения до 150 g.

Многократные удары с ускорением до 150 g.

Одноразовые удары с ускорением до 500 g.

Вибрация с ускорением до 15 g в диапазоне частот от 5
до 2 000 гц.

Указания по эксплуатации

Амплитуда переменного тока, пропускаемого через
диод, не должна превышать наибольшего значения то-
ка максимума более чем в 5 раз.

Диоды припаиваются к элементам схем паяльни-
ком мощностью 60 вт в течение не более 3 сек на рас-
стоянии не менее 3 мм от корпуса с обязательным теп-
лоотводом между местом пайки и корпусом диода.
Температура паяльника при этом не должна превышать
 $+270^{\circ}\text{C}$. При изгибе вывода необходима жесткая фи-
ксация его основания.

При работе диодов в условиях механических воз-
действий (постоянное ускорение свыше 50 g и вибра-
ция с ускорением свыше 2 g) приборы необходимо кре-
пить за корпус.

12-2. Диоды туннельные арсенидо-галлиевые 3И301А, 3И301Б, 3И301В, 3И301Г

Предназначены для работы в радиоэлектронной
аппаратуре в качестве переключающих элементов.

Диоды оформлены в металлокерамическом корпусе
с гибкими выводами.

Вес диода не более 0,07 г.

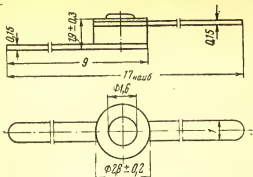


Рис. 12-3. Габаритный чертеж диодов 3И301А—3И301Г.

Электрические параметры

Параметры	Тип диода			
	3И301А	3И301Б	3И301В	3И301Г
Ток в максимуме вольтамперной характеристики $I_{\text{макс}}$, ма :				
при $+25^\circ\text{C}$	2	5	5	10
при $+70^\circ\text{C}$	1,5—2,4	4,2—5,5	4,2—5,5	8,4—11
при -60°C	1,4—2,7	3,9—6,2	3,9—6,2	8—12
Допустимое отклонение от тока в максимуме $\Delta I_{\text{макс}}$, %	± 20	± 10	± 10	± 10
Отношение тока в максимуме вольтамперной характеристики к току в минимуме $I_{\text{макс}}/I_{\text{мин}}$, не менее	8	8	8	8
Напряжение, соответствующее току в максимуме $U_{(\text{макс})}$ (не более), в	0,18	0,18	0,18	0,18
Напряжение, соответствующее току в максимуме во второй восходящей ветви $U_{\text{н}}$, в	$> 0,65$	0,85—1,15	1—1,3	$> 0,8$
Емкость диода C_d (не более), пф	12	25	25	50

Примечание. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.

Предельные эксплуатационные данные

Интервал рабочих температур от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$.
Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$ до 98%.

Атмосферное давление от 5 мм рт. ст. до 3 ат.

Постоянные ускорения до 150 g.

Ударные ускорения до 120 g.

Вибрация с двойной амплитудой, создающей ускорение до 10 g (но не превышающей 2 мм), в диапазоне частот от 20 до 1 000 гц.

Срок службы не менее 5 000 ч.

Указания по эксплуатации

При эксплуатации рекомендуется ток во второй восходящей ветви снижать до возможно меньших значений.

Диоды припаиваются к элементам схем в течение не более 3 сек на расстоянии не менее 3 мм от корпуса с обязательным теплоотводом между местом пайки и корпусом диода. Температура паяльника при этом не должна превышать $+250^{\circ}\text{C}$. При изгибе вывода необходима жесткая фиксация его основания.

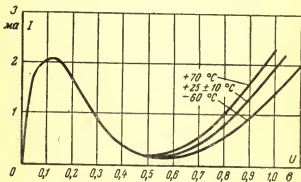


Рис. 12-4. Вольт-амперная характеристика диода 3И301А.

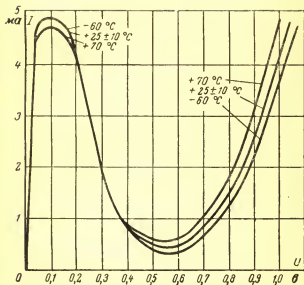


Рис. 12-5. Вольт-амперная характеристика диода 1N301B.

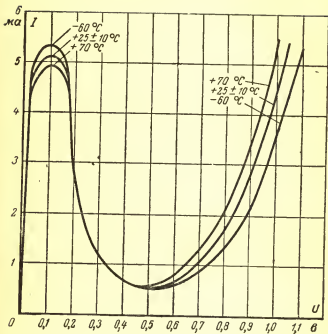


Рис. 12-6. Вольт-амперная характеристика диода 3И301В.

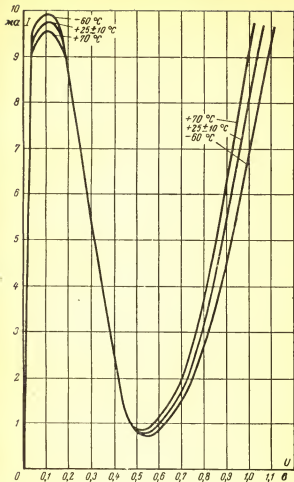


Рис. 12-7. Вольт-амперная характеристика диода 3И301Г.

РАЗДЕЛ ТРИНАДЦАТЫЙ

ТРАНЗИСТОРЫ МАЛОЙ МОЩНОСТИ
НИЗКОЧАСТОТНЫЕ

13-1. Транзисторы германиевые сплавные П9А,
П10, П10А, П10Б, П11, П11А

n-p-n

Предназначены для работы в радиотехнической аппаратуре в схемах усиления низкой частоты с низким уровнем шумов (П9А), в схемах усиления промежуточной частоты (П10, П11, П11А), в схемах усиления промежуточной частоты или в схемах переключения при повышенном напряжении на коллекторе (П10А, П10Б).

Транзисторы конструктивно оформлены в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и имеют гибкие выводы.

Вес транзистора не более 1,1 г.

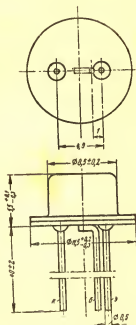


Рис. 13-1. Габаритный
чертеж транзисторов
П9А — П11А.

Наименование параметров	Тип					
	П9А		П10		П10А	
	1	2	1	2	1	2
Предельная частота усиления по току f_{α} , Мгц	1	—	1	—	1	—
Коэффициент усиления по току B	15	45	15	30	15 ¹	30 ¹
	15	—	15	—	15 ¹	—
	6	—	6	—	6 ¹	—
Обратный ток коллектора I_{K0} , мка	—	30	—	30	—	30 ²
	—	250	—	250	—	250 ²
Обратный ток эмиттера $I_{Э0}$, мка	—	30	—	30	—	30 ²
Выходная проводимость h_{22} , мкмо	—	2,5	—	2,5	—	2,5
Емкость коллектора C_K , пф	—	60	—	60	—	60
Сопротивление базы на высокой частоте $r'_{б}$, ом	—	150	—	150	—	150
Коэффициент шума $F_{ш}$, дб	—	10	—	—	—	—

¹ При напряжении на коллекторе 15 в.

² При напряжении на коллекторе 30 в.

³ При напряжении на коллекторе 20 в.

⁴ При напряжении на эмиттере 30 в, остальные значения

Примечания: 1. Жирным шрифтом выделены классы.
2. Графы 1, 2 обозначают наименьшее, наибольшее значения.

параметры

транзистора						Режим измерения			
П10В		П11		П11А		Ток эмиттера $I_э, \text{мА}$	Напряжение на коллекто- ре $U_K, \text{В}$	Частота $f, \text{кГц}$	Температура окружающей среды $t_c, ^\circ\text{C}$
1	2	1	2	1	2				
1	—	2	—	2	—	1	+5	—	+20
25 ^а	50 ^а	25	50	45	90	1	+5	1	+20
25 ^а	—	25	—	45	—	1	+5	1	+70
10 ^а	—	10	—	18	—	1	+5	1	—60
—	100 ^а	—	30	—	30	—	+15	—	+20
—	250 ^а	—	250	—	250	—	+10	—	+70
—	30 ^а	—	30	—	30	—	—	—	+20
—	2,5	—	2,5	—	2,5	1	+5	1	+20
—	60	—	50	—	60	1	+5	500	+20
—	150	—	150	—	150	1	+5	500	+20
—	—	—	—	—	—	0,5	+1,5	1	+20

указаны при напряжении 15 в.

сификационные параметры.
чения соответственно.

П р е д е л ь н ы е э к с п л у а т а ц и о н н ы е д а н н ы е

Ток коллектора в режиме усиления 20 *ма*.

Ток коллектора в режиме переключения при насыщении или в импульсном режиме 150 *ма*.

Напряжение на коллекторе в схеме с общей базой для транзисторов, П9А, П10, П11, П11А при температуре окружающей среды:

до $+50^{\circ}\text{C}$ + 15 *в*

свыше $+50^{\circ}\text{C}$ + 10 *в*

для транзисторов П10А, П10Б при температуре окружающей среды:

до $+50^{\circ}\text{C}$ + 30 *в*

свыше $+50^{\circ}\text{C}$ + 20 *в*

Напряжение на коллекторе в схеме с общим эмиттером для транзисторов, П9А, П10, П11, П11А при температуре окружающей среды:

до $+50^{\circ}\text{C}$ + 25 *в*

свыше $+50^{\circ}\text{C}$ + 10 *в*

для транзисторов П10А, П10Б при температуре окружающей среды:

до $+50^{\circ}\text{C}$ + 30 *в*

свыше $+50^{\circ}\text{C}$ + 20 *в*

Обратное напряжение эмиттер — база для транзисторов, П9А, П10, П11, П11А при температуре окружающей среды:

до $+50^{\circ}\text{C}$ + 15 *в*

свыше $+50^{\circ}\text{C}$ + 10 *в*

для транзисторов П10А, П10Б при температуре окружающей среды:

до $+50^{\circ}\text{C}$ + 30 *в*

свыше $+50^{\circ}\text{C}$ + 20 *в*

Мощность, рассеиваемая транзистором в ключевом или импульсном режимах при температуре окружающей среды:

до $+55^{\circ}\text{C}$ $+150$ *ватт*

Мощность, рассеиваемая транзистором в ключевом или импульсном режимах при температуре окружающей среды выше $+55^{\circ}\text{C}$, рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{макс}} = \frac{85^{\circ}\text{C} - t_c}{0,2^{\circ}\text{C/ватт}},$$

где $P_{\text{макс}}$ — предельная мощность, рассеиваемая транзистором, *ватт*;

t_c — температура окружающей среды, $^{\circ}\text{C}$.

При давлении окружающей среды менее 50 *мм рт. ст.* предельная мощность, рассеиваемая транзистором, подсчитывается по формуле:

$$P_{\text{макс}} = \frac{85^{\circ}\text{C} - t_c}{0,3^{\circ}\text{C/ватт}}, \text{ ватт.}$$

Диапазон рабочих температур от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$.
Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$
 $95 \pm 3\%$.

Давление окружающего воздуха от 5 *мм рт. ст.* до 2 *атм.*

Вибрационные нагрузки в диапазоне частот от 5 до 2 000 *гц* с ускорением до 12 *г*.

Срок службы не менее 5 000 ч.

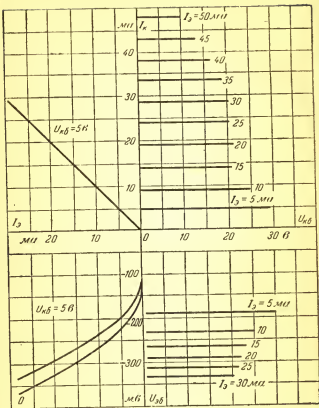


Рис. 13-2. Типовые характеристики транзисторов П9А—П11А для схемы с общей базой.

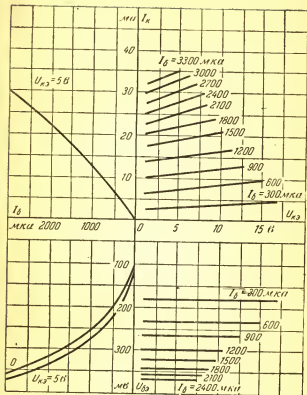


рис. 13-3. Типовые характеристики транзисторов П9А для схемы с общим эмиттером.

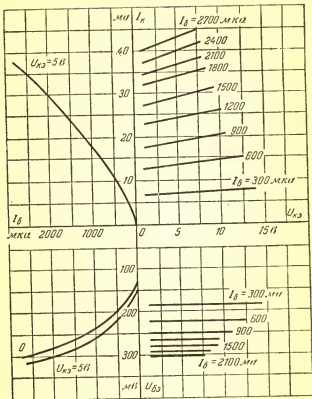


Рис 13-4. Типовые характеристики транзисторов П10, П11А для схемы с общим эмиттером.

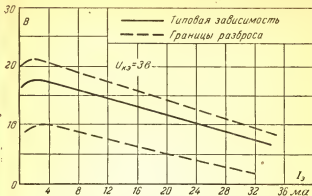


Рис. 13-5. Зависимость коэффициента усиления по току транзистора П19 от тока эмиттера (параметры 80% транзисторов этого типа укладываются в указанные границы разброса).

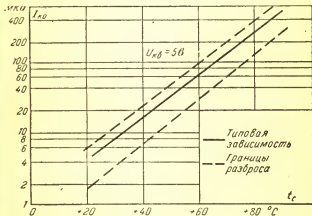


Рис. 13-6. Зависимость обратного тока коллектора перехода транзистора П19А—П111 от температуры окружающей среды.

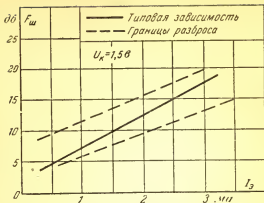


Рис. 13-7. Зависимость коэффициента шума транзистора П9А от тока эмиттера.

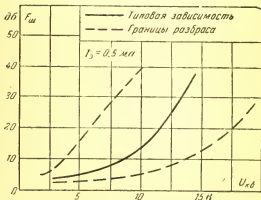


Рис. 13-8. Зависимость коэффициента шума транзистора П9А от напряжения коллектор—база.

13-2. Транзисторы германиевые сплавные П13, П13Б, П14, П14А, П14Б, П15, П15А¹

p-n-p

Предназначены для работы в радиотехнической аппаратуре и аппаратуре связи широкого применения для усиления и генерирования электрических сигналов в диапазоне частот до 2 Мгц.

Транзистор конструктивно оформлен в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и имеют гибкие выводы.

Вес транзистора не более 1,2 г.

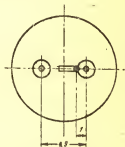
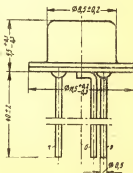


Рис. 13-9. Габаритный чертеж транзисторов П13—П15А



¹ В связи с изменением ТУ на приборы П13—П15 они будут выпускаться под новым обозначением.

Наименование параметров	Тип тран							
	П13		П13Б		П14		П14А	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Предельная частота усиления по току f_{Σ} , МГц . . .	0,5	—	0,5	—	1	—	1	—
Коэффициент усиления по току В	12	—	20	60	20	40	20	40
Обратный ток коллектора $I_{к0}$, мкА	12	—	20	—	20	—	20	—
Обратный ток эмиттера $I_{э0}$, мкА	—	15	—	15	—	15	—	15
Выходная проводимость h_{22} , мкмо	—	250	—	250	—	250	—	250
Емкость коллектора C_K , пф	—	30	—	30	—	30	—	30
Сопротивление базы на высокой частоте r'_b , ом	—	3,3	—	3,3	—	3,3	—	3,3
	—	50	—	50	—	50	—	50
	—	150	—	150	—	150	—	150

¹ Значения указаны при напряжении $U_{\Sigma} = 5$ в.

Примечания: 1. Жирным шрифтом выделены классы.
2. Графы 1, 2 обозначают наименьшее, наибольшее значения.

Предел ьные эксплуатационные дан ые

Ток коллектора в режиме усиления 20 ма.

Ток коллектора в режиме переключения при насыщении или в импульсном режиме¹ 150 ма.

Напряжение коллектор — база или коллектор — эмиттер для всех транзисторов (кроме П14А, П14Б) при температуре окружающей среды:

до $+40^{\circ}\text{C}$ —15 в

свыше $+40^{\circ}\text{C}$ —10 в

параметры

эмитора						Режим измерения			
14Б		П15		П15А		Ток эмитера $I_{\text{э}}, \text{мА}$	Напряжение на коллекторе $U_{\text{к}}, \text{В}$	Частота f , кГц	Температура окружающей среды $t_{\text{с}}, ^\circ\text{C}$
1	—	2	—	2	—	1	—5	—	+20
30	60	30	60	50	100	1	—5	1	+20
30	—	30	—	50	—	1	—5	—	+55
—	15	—	15	—	15	—	—5	—	+20
—	250	—	250	—	250	—	—5	—	+55
—	30	—	30	—	30	—	—	—	+20
—	3,3	—	3,3	—	3,3	1	—5	1	+20
—	50	—	50	—	50	1	—5	500	+20
—	150	—	150	—	150	1	—5	500	+20

сификационные параметры.
чения соответственно.

для транзисторов П14А, П14Б при температуре окружающей среды:

до $+40^\circ\text{C}$ —30 а

свыше $+40^\circ\text{C}$ —20 а

Мощность, рассеиваемая при температуре окружающей среды до $+55^\circ\text{C}$, ... 150 мвт.

Мощность, рассеиваемая при температуре окружающей среды свыше $+55^\circ\text{C}$, рассчитывается по формуле

$$P_{\text{макс}} = \frac{80^{\circ} \text{C} - t_c}{0,2^{\circ} \text{C/мвт}}.$$

Мощность, рассеиваемая при давлении менее 50 мм ртутного столба, определяется по формуле

$$P_{\text{макс}} = \frac{80^{\circ} \text{C} - t_c}{0,3^{\circ} \text{C/мвт}}.$$

Диапазон рабочих температур от -60 до $+80^{\circ} \text{C}$.
Относительная влажность при температуре $+40^{\circ} \text{C}$
до $95 \pm 3\%$.

Давление окружающего воздуха от 5 мм рт. ст. до
2 ат.

Вибрационные нагрузки в диапазоне частот от 5 до
2 000 гц с ускорением до 10 g.

У к а з а н и я п о э к с п л у а т а ц и и

Для надежной работы аппаратуры рекомендуется эксплуатировать транзисторы:

при температуре окружающей среды ниже $+55^{\circ} \text{C}$;
при воздействии ударных ускорений ниже 50 g и
вибраций с ускорением не более 5 g.

Пайка выводов допускается на расстоянии не менее 5 мм от корпуса транзистора в течение не более 10 сек.

Температура припоя не выше $+260^{\circ} \text{C}$.

Транзисторы должны жестко крепиться за корпус.

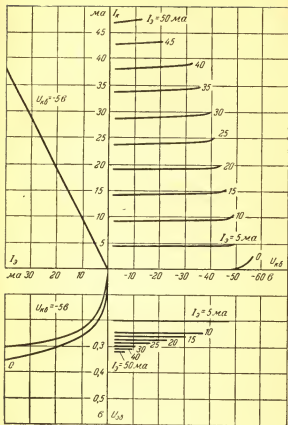


Рис 13-10. Типовые характеристики транзисторов П13—П15 для схемы с общей базой.

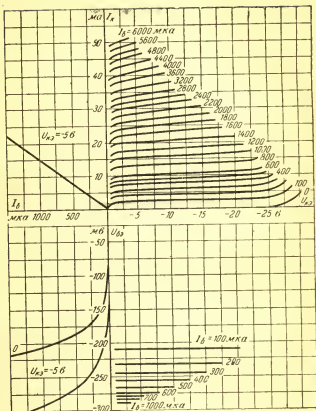


Рис. 13-11. Типовые характеристики транзисторов П13, П13Б для схемы с общим эмиттером.

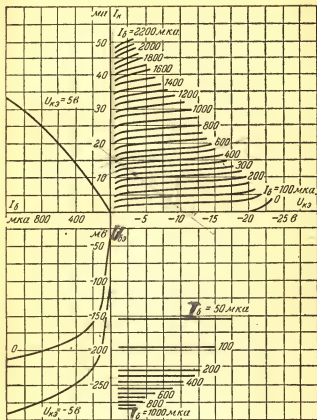


Рис. 13-12. Типовые характеристики транзисторов П14, П15 для схемы с общим эмиттером.

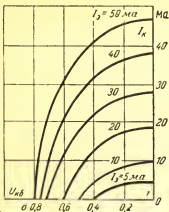


Рис. 13-13. Начальные участки выходных характеристик транзисторов П14—П15 для схемы с общей базой.

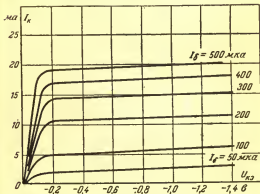


Рис. 13-14. Начальные участки выходных характеристик транзисторов П14, П15 для схемы с общим эмиттером.

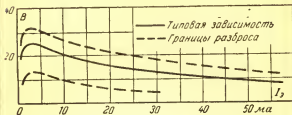


Рис. 13-15. Зависимость коэффициента усиления по току транзисторов П13, П13Б от тока эмиттера (параметры 80% транзисторов укладываются в указанные границы разброса).

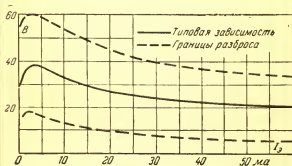


Рис. 13-16. Зависимость коэффициента усиления по току транзисторов П14, П15 от тока эмиттера.

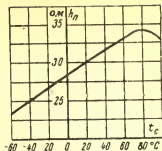


Рис. 13-17. Зависимость входного сопротивления транзисторов П13—П15 от температуры окружающей среды для схемы с общим эмиттером.

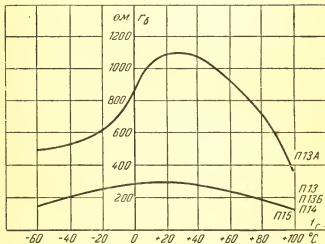


Рис. 13-18. Зависимость сопротивления базы транзисторов П13—П15 от температуры окружающей среды.

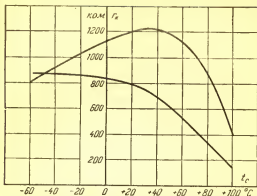


Рис. 13-19. Зависимость сопротивления коллекторного перехода транзисторов П13—П15 от температуры окружающей среды.

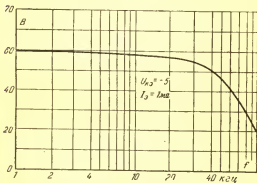


Рис. 13-20. Зависимость коэффициента усиления по току транзисторов П14, П15 от частоты.

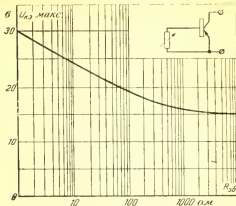


Рис. 13-21. Зависимость максимально допустимого напряжения коллектор—эмиттер транзисторов П13, П13Б от сопротивления цепи эмиттер—база.

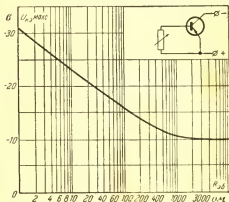


Рис. 13-22. Зависимость максимально допустимого напряжения коллектор—эмиттер транзисторов П14, П15 от сопротивления в цепи эмиттер—база.

13-3. Транзисторы германиевые сплавные П16,
П16А, П16Б

p-n-p

Предназначены для работы в переключающих и триггерных схемах электронной аппаратуры.

Транзисторы конструктивно оформлены в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и имеют гибкие выводы.

Вес транзистора не более 1 г.

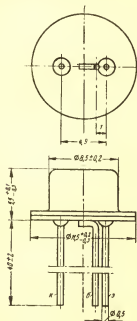


Рис. 13-23 Габаритный чертеж транзисторов П16—П16Б.

Электрические параметры

Наименование параметров	Тип транзистора						Режим измерения	
	П16		П16А		П16Б		Напряжение на коллекторе U_K , в	Сопротивление в цепи коллектора R_K , ком
	1	2	1	2	1	2		
Предельная частота усиления по току f_{Σ} , МГц ¹	1	—	1	—	2	—	—5	—
Коэффициент усиления по току B^2	20	35	30	50	45	100	—1	—
Ток коллектора закрытого транзистора $I_{К.з.}$, мка	—	25	—	25	—	25	—15	—
Время переключения $\tau_{пер.}$, мксек ²	—	2	—	1,5	—	1	—15	1,5
Напряжение между коллектором и эмиттером $U_{К.э.}$ в режиме насыщения, в	—	0,1	—	0,15	—	0,2	—15	1,5
Напряжение между базой и эмиттером $U_{Б.э.}$ в режиме насыщения, в	—	0,3	—	0,35	—	0,4	—15	1,5

¹ Значения указаны при токе $I_B = 1$ ма.

² Значения указаны при токе $I_K = 10$ ма.

³ Значения времени переключения указаны при сопротивлениях в цепи базы для транзисторов: П16—9,8 ком; П16А—13 ком; П16Б—18 ком.

Примечания: 1. Все значения в таблице приведены при температуре окружающей среды $t_c = 20^\circ \text{C}$.

2. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.

3. Графы 1,2 обозначают наименьшее, наибольшее значения соответственно.

Предельные эксплуатационные данные

Ток переключения в режиме насыщения 150 ма.

Напряжение на коллекторе в схеме с общим эмиттером — 15 в.

Мощность, рассеиваемая при температуре окружающей среды до $+45^{\circ}\text{C}$, до 200 *мвт*.

При температуре окружающей среды выше $+45^{\circ}\text{C}$ значение предельной рассеиваемой мощности определяется по формуле

$$P_{\text{макс}} = \frac{85^{\circ}\text{C} - t_c}{0,2^{\circ}\text{C/мвт}},$$

где $P_{\text{макс}}$ — предельная мощность, рассеиваемая при температуре окружающей среды t_c , *мвт*.

При пониженном атмосферном давлении менее 50 *мм рт. ст.* предельная рассеиваемая мощность определяется по формуле

$$P_{\text{макс}} = \frac{85^{\circ}\text{C} - t_c}{0,3^{\circ}\text{C/мвт}}.$$

Диапазон рабочих температур от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$.

Относительная влажность при температуре $+40 \pm 5^{\circ}\text{C}$ до $95 \pm 3\%$.

Давление окружающего воздуха от 5 *мм рт. ст.* до 2 *ат*.

Вибрационные нагрузки с частотой 50 *гц* и ускорением до 10 *г*.

Срок службы не менее 5 000 ч.

Указания по эксплуатации

Для повышения надежности работы аппаратуры транзисторы рекомендуется эксплуатировать при напряжении на коллекторе не более 10 *в* и мощности рассеяния не более 75 *мвт*.

Пайка выводов допускается на расстоянии не менее 5 *мм* от корпуса транзистора путем погружения на время не более 10 *сек* в припой с температурой не выше $+260^{\circ}\text{C}$. При пайке выводов паяльником должен быть предусмотрен надежный теплоотвод между местом пайки и корпусом транзистора.

Транзисторы должны жестко крепиться за корпус.

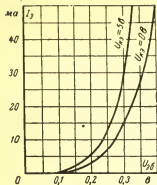


Рис. 13-24. Типовые входные характеристики в схеме с общей базой транзисторов П16—П16Б.

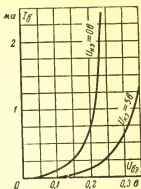


Рис. 13-25. Типовые входные характеристики в схеме с общим эмиттером транзисторов П16—П16Б.

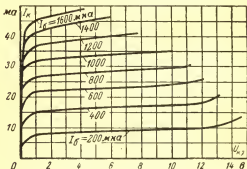


Рис. 13-26. Типовые выходные характеристики в схеме с общим эмиттером транзистора П16.

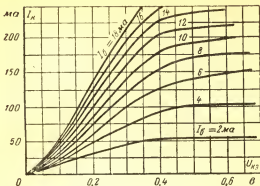


Рис. 13-27. Начальный участок выходных характеристик в схеме с общим эмиттером транзистора П116.

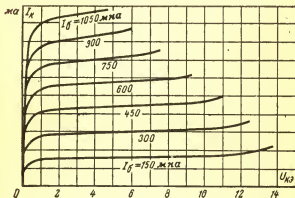


Рис. 13-28. Типовые характеристики в схеме с общим эмиттером транзистора П116А.

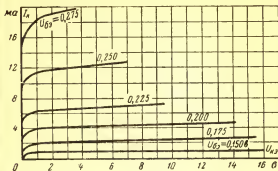


Рис. 13-29. Выходные характеристики в схеме с общим эмиттером транзистора П16Б.

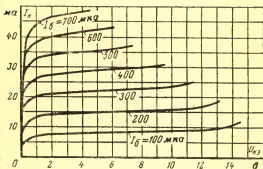


Рис. 13-30. Типовые выходные характеристики в схеме с общим эмиттером транзистора П16Б.

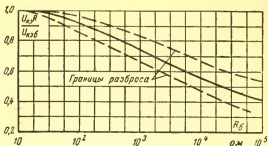


Рис. 13-31. Зависимость предельно допустимого напряжения коллектор—эмиттер от сопротивления в цепи базы транзисторов П16—П16Б.

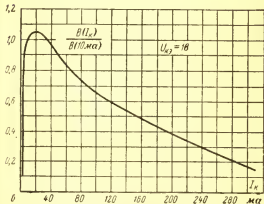


Рис. 13-32. Типовая зависимость коэффициента усиления по току от тока коллектора транзисторов П16—П16Б.

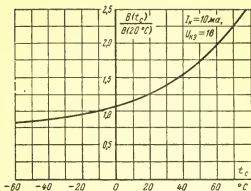


Рис. 13-33. Типовая зависимость коэффициента усиления по току от температуры окружающей среды транзисторов П16—П16Б.

13-4. Транзисторы германиевые сплавные П20, П21, П21А

p-n-p

Предназначены для работы в схемах радиотехнических и электронных устройств в режимах усиления и переключения.

Транзисторы конструктивно оформлены в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и имеют гибкие выводы.

Вес транзистора не более 1 г.

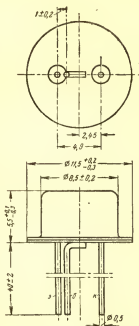


Рис. 13-34. Габаритный чертеж транзисторов П20—П21А.

Электрические параметры

Наименование параметров	Тип транзистора						Режим измерения		
	П20		П21		П21А		Ток коллектора I_K , мА	Напряжение на коллекторе U_K , В	Температура окружающей среды t_c , $^{\circ}\text{C}$
	1	2	1	2	1	2			
Предельная частота усиления по току f_{α} , МГц	1	—	1	—	1	—	5	—5	+20
Кoeffициент усиления по току B ¹	{ 50 25 50	150	20	60	50	150	25	—5	+20
		150	15	60	15	150	25	—5	—60
		200	20	75	50	200	25	—5	+70
Обратный ток коллектора I_{K0} , мкА	{ — — —	50 50 300	— — —	50 50 300	— — —	50 50 300	— — —	—70 —70 —70	+20 —60 +70
Обратный ток эмиттера $I_{Э0}$, мкА ²	—	50	—	50	—	50	—	—	+20
Сопротивление насыщения $R_{\text{нас}}$, ом	—	1	—	2	—	1	300	—	+20

¹ Все значения указаны на частоте 270 Гц .

² Значения указаны при напряжении $U_B = 50 \text{ В}$.

Примечания: 1. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.

2. Графы 1, 2 обозначают наименьшее, наибольшее значения соответственно.

Предел ьные эксплуатационные д а н н ы е

Ток коллектора в импульсе при скважности 2, 300 *ма*.

Напряжение коллектор — эмиттер при температуре окружающей среды от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$ — 30 *в*.

Напряжение на коллекторе закрытого транзистора в схеме с общей базой — 50 *в* (для П21А — 70 *в*).

Мощность, рассеиваемая при температуре окружающей среды $+20^{\circ}\text{C}$ и напряжении коллектор — база не более 35 *в*, 150 *мвт*.

Мощность, рассеиваемая при температуре окружающей среды t_c выше $+35^{\circ}\text{C}$, рассчитывается по формуле

$$P_{\text{макс}} = \frac{85^{\circ}\text{C} - t_c}{0,33^{\circ}\text{C/мвт}} \text{ мвт.}$$

Диапазон рабочих температур от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$.

Относительная влажность при температуре $+40 \pm \pm 5^{\circ}\text{C}$ до $95 \pm 3\%$.

Давление окружающего воздуха от 5 *мм рт. ст.* до 2 *ат*.

Вибрационные нагрузки с частотой 50 *гц* с ускорением до 10 *г*.

Срок службы не менее 5 000 ч.

У к а з а н и я п о э к с п л у а т а ц и и

При включении транзистора в схему коллекторный вывод должен присоединяться последним и отключаться первым.

Пайка выводов допускается на расстоянии не менее 5 *мм* от корпуса транзистора в течение не более 10 *сек* паяльником мощностью 50—60 *вт*.

Транзисторы должны жестко крепиться за корпус.

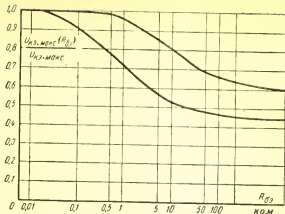


Рис. 13-35. Зависимость предельного напряжения от сопротивления между базой и эмиттером транзисторов П20 в интервале температур от $+20$ до -60°C (границы разброса для 80% транзисторов этого типа).

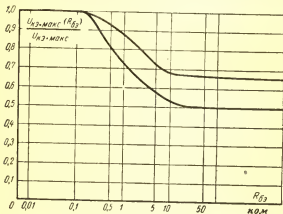


Рис. 13-36. Зависимость предельного напряжения от сопротивления между базой и эмиттером для транзисторов П21 в интервале температур от -60 до $+20^{\circ}\text{C}$.

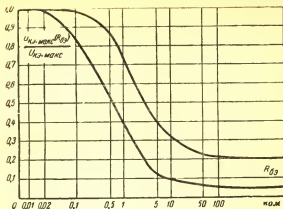


Рис. 13-37. Зависимость предельного напряжения от сопротивления между базой и эмиттером для транзисторов П21А в интервале температур от $+20$ до -60°C .

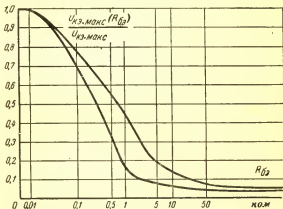


Рис. 13-38. Зависимость предельного напряжения от сопротивления между базой и эмиттером для транзисторов П20 при температуре $+70^{\circ}\text{C}$.

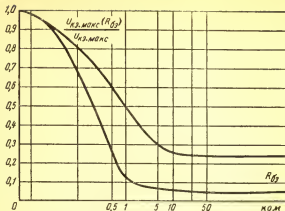


Рис. 13-39. Зависимость предельного напряжения от сопротивления между базой и эмиттером для транзисторов П21 при температуре +70° С.

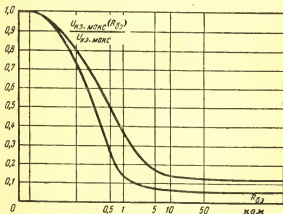


Рис. 13-40. Зависимость предельного напряжения от сопротивления между базой и эмиттером для транзисторов П21А при температуре +70° С

13-5. Транзисторы германиевые сплавные П25, П25А,
П25Б, П26, П26А, П26Б

p-n-p

Предназначены для работы в радиотехнической аппаратуре в триггерных и переключающих схемах и каскадах усиления при напряжениях на коллекторе до — 60 в для П25, П25А, П25Б и до — 100 в для П26, П26А, П26Б.

Транзисторы конструктивно оформлены в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и имеют гибкие выводы.

Вес транзистора не более 1 г.

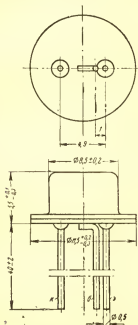


Рис. 13-41. Габаритный чертеж транзисторов П25—П26Б.

Электрические

Наименование параметров	Тип транз							
	П25		П25А		П 25Б		П26	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Предельная частота усиления по току f_a , кГц ¹	200		200		500		200	—
Коэффициент усиления по току В	10	25	20	50	30	80	$\begin{cases} 10 & 25 \\ 10 & — \\ 7 & — \end{cases}$	
Обратный ток коллектора I_{K0} , мкА	—	150	—	150	—	150	$\begin{cases} — & 150 \\ — & 600 \end{cases}$	
Обратный ток эмиттера I_{E0} , мкА . .	—	150	—	150	—	150	—	150
Выходная проводимость h_{22} , мкмо	—	3,5	—	3,5	—	3,5	—	3,5
Емкость коллектора C_K , пф	—	70	—	70	—	70	—	50
Сопротивление базы r_b , ом	—	500	—	500	—	500	—	500
Сопротивление базы на высокой частоте r'_b , ом	—	150	—	150	—	150	—	150
Время переключения $\tau_{пер}$, мксек ² .	—	1,5	—	1,5	—	1,5	—	1,5
Электрическая прочность коллекторного перехода на пульсирующем токе, в	60	—	60	—	60	—	100	—

¹ Значения указаны при $U_K = 20$ в.

² Значения указаны при сопротивлении нагрузки $R_H = 1$ ком.

Примечания: 1. Жирным шрифтом выделены классы
2. Графы 1, 2 обозначают наименьшее, наибольшее значе

параметры

сторона				Режим измерения			
П26А		П26Б		Ток эмиттера $I_3, \text{мА}$	Напряже- ние на кол- лекторе $U_K, \text{В}$	Частота $f, \text{кГц}$	Температу- ра окру- жающей среды $t_c, ^\circ\text{C}$
1	2	1	2				
200	—	500	—	1,5	— 35	—	+20
20	50	30	80	1,5	— 70	1	+20
20	—	30	—	1,5	— 70	1	+70
10	—	15	—	1,5	— 70	1	-60
—	150	—	150	—	—100	—	+20
—	600	—	600	—	— 70	—	+70
—	150	—	150	—	—100	—	+20
—	3,5	—	3,5	1,5	— 35	1	+20
—	50	—	50	1,5	— 35	500	—
—	500	—	500	1,5	— 35	1	+20
—	150	—	150	1,5	— 35	500	+20
—	1,5	—	1,5	2,5	— 30	1	+20
100	—	100	—	—	—	0,05	+20

фикационные параметры.
ния соответственно.

Пределные эксплуатационные данные

Ток коллектора в режиме переключения при насыщении или импульсном режиме 400 *ма*.

Напряжение коллектор — база, эмиттер — база и коллектор — эмиттер при сопротивлении в цепи базы не более 500 *ом* для транзисторов П25, П25А, П25Б при температуре окружающей среды:

до +35° С	—60 <i>в</i>
свыше +35° С	—40 <i>в</i>

при температуре окружающей среды до +50° С и при мощности, рассеиваемой на коллекторе до 100 *мвт*, допускаются напряжения коллектор — база и коллектор — эмиттер при сопротивлении в цепи базы не более 500 *ом* — 60 *в*.

Напряжения коллектор — база, эмиттер — база и коллектор — эмиттер при сопротивлении в цепи базы не более 500 *ом* для транзисторов П26, П26А, П26Б при температуре окружающей среды:

до +35° С	—100 <i>в</i>
свыше +35° С	—70 <i>в</i>

при температуре окружающей среды до +50° С и при мощности, рассеиваемой на коллекторе до 100 *мвт*, допускается напряжение коллектор — база и коллектор — эмиттер при сопротивлении в цепи базы не более 500 *ом* — 100 *в*.

Мощность, рассеиваемая транзистором в ключевом или импульсном режиме при температуре окружающей среды до + 35° С, 200 *мвт*.

Мощность, рассеиваемая транзистором в ключевом или импульсном режиме при температуре окружающей среды свыше + 35° С, рассчитывается по формуле

$$P_{\text{макс}} = \frac{75^{\circ} \text{С} - t_{\text{с}}}{0,2^{\circ} \text{С/мвт}} \cdot \text{мвт},$$

При давлении окружающей среды менее 50 мм рт. ст. предельная мощность рассеивания транзистором в ключевом или импульсном режимах подсчитывается по формуле

$$P_{\text{макс}} = \frac{75^\circ \text{C} - t_c^\circ \text{C}}{0,3^\circ \text{C/мвт}}.$$

Диапазон рабочих температур от -60 до $+70^\circ \text{C}$.
Относительная влажность при температуре $+40^\circ \text{C}$ до $95 \pm 3\%$.

Давление окружающего воздуха от 5 мм рт. ст. до 2 ат.

Вибрационные нагрузки в диапазоне частот от 5 до 2 000 гц с ускорением до 12 g.

Срок службы не менее 5 000 ч.

Указания по эксплуатации

Пайка выводов допускается на расстоянии не менее 5 мм от корпуса транзистора путем погружения на время не более чем 10 сек в припой с температурой не выше $+260^\circ \text{C}$.

Транзисторы должны жестко крепиться за корпус.

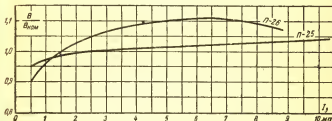


Рис. 13-42. Усредненная зависимость коэффициента усиления по току от тока эмиттера транзисторов П25, П26.

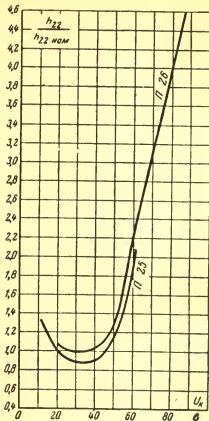


Рис. 13-43. Усредненная зависимость выходной проводимости от напряжения на коллекторе транзисторов П25, П26.

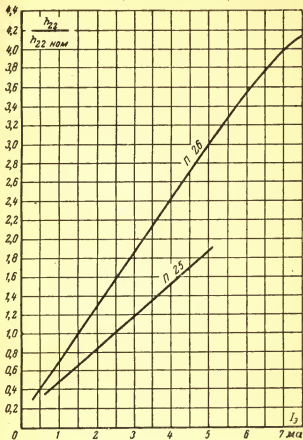


Рис. 13-44. Усредненная зависимость выходной проводимости от тока эмиттера транзисторов П25, П26.

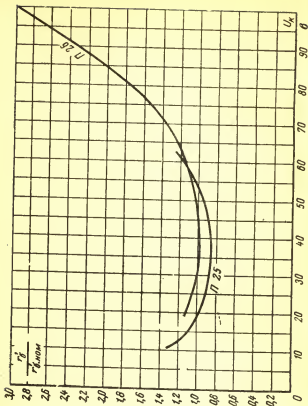


Рис. 13-45. Усредненная зависимость сопротивления нагрузки на выходе от частоты напряжения на коллекторе трансформаторов П25, П26.

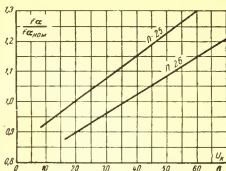


Рис. 13-46. Усредненная зависимость предельной частоты усиления по току от напряжения на коллекторе транзисторов П25, П26.

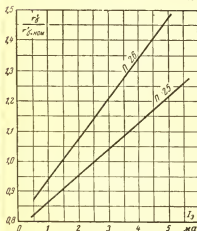


Рис. 13-47. Усредненная зависимость сопротивления базы на высокой частоте от тока эмиттера транзисторов П25, П26.

13-6. Транзисторы германиевые сплавные П27, П27А, П28

p-n-p

Предназначены для применения в схемах с малым уровнем шумов.

Транзисторы конструктивно оформлены в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и имеют гибкие выводы.

Вес транзистора не более 1 г.

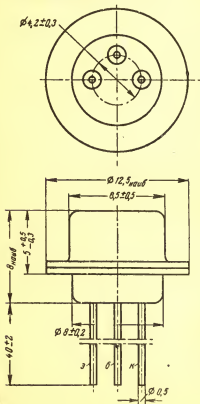


Рис. 13-48. Габаритный чертеж транзисторов П27—П28.

Электрические параметры

Наименование параметров	Тип транзистора						Режим измерения	
	П27		П27А		П28		Частота f , кГц	Температура окружающей среды t , °C
	1	2	1	2	1	2		
Предельная частота усиления по току I_a , МГц	1	—	1	—	5	—	—	+20
Коэффициент усиления по току B . . .	20	—	20	—	20	—	1	+20
Обратный ток коллектора I_{KO} , мка . . .	—	3	—	3	—	3	—	+20
	—	150	—	150	—	150	—	+70
Выходная проводимость h_{21} , мкмо . .	—	2	—	1	—	1	1	+20
Коэффициент шума $F_{ш}$, дБ	—	10	—	5	—	5	1	+20
Емкость коллекторного перехода C_K , пф	—	50	—	50	—	50	1 000	+20
Постоянная времени цепи обратной связи на высокой частоте $r'_b C_K$, псек	—	6 000	—	6 000	—	6 000	1 000	+20

Примечания: 1. Все значения в таблице указаны при токе эмиттера $I_э = 0,5$ ма и напряжении на коллекторе $U_K = -5$ в.

2. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.

3. Графы 1, 2 обозначают наименьшее, наибольшее значения соответственно.

Предел ьные эксплуатационные д а н н ы е

Ток коллектора при температуре окружающей среды от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$ 6 *ма*.

Напряжение на коллекторе в схеме с общей базой и общим эмиттером при температуре окружающей среды от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$ -5 *в*.

При температуре окружающей среды свыше $+30^{\circ}\text{C}$ в схеме с общим эмиттером сопротивление в цепи базы не более 500 *ом*.

Мощность, рассеиваемая транзистором при температуре окружающей среды от -60 до $+55^{\circ}\text{C}$, 30 *мвт*;

Мощность, рассеиваемая транзистором при температуре окружающей среды от $+55$ до $+70^{\circ}\text{C}$, определяется по формуле

$$P_{\text{макс}} = 85^{\circ}\text{C} - t_{\text{с}}, \text{ мвт.}$$

Диапазон рабочих температур от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$.

Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$ 95 $\pm 3\%$.

Давление окружающего воздуха от 55 *мм рт. ст.* до 2 *ат*.

Вибрационные нагрузки в диапазоне частот от 10 до 2 000 *гц*, с ускорением 12 *г*.

Срок службы не менее 10 000 *ч*.

У к а з а н и я п о э к с п л у а т а ц и и

Пайка и изгиб выводов допускаются на расстоянии не менее 5 *мм* от корпуса транзистора. Пайка выводов производится не более 10 *сек* припоем с температурой плавления не выше $+260^{\circ}\text{C}$.

При эксплуатации в условиях механических воздействий транзисторы должны жестко крепиться за корпус.

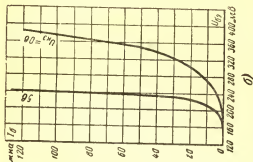
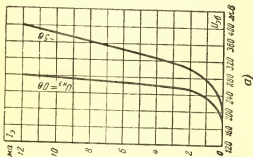


Рис. 13-49. Типовые входные характеристики транзисторов П27—П28.
а — в схеме с общей базой; б — в схеме с общим эмиттером.

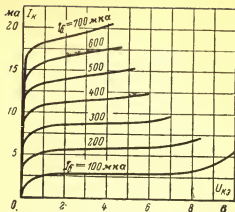


Рис. 13-50. Типовые выходные характеристики транзисторов П27—П28 для схемы с общим эмиттером.

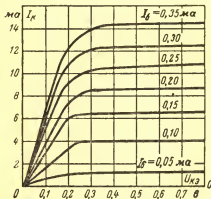


Рис. 13-51. Начальный участок выходных характеристик транзисторов П27—П28 для схемы с общим эмиттером.

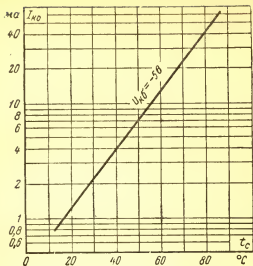


рис. 13-52. Типовая зависимость обратного тока коллекторного перехода от температуры транзисторов П27—П28.

3-7. Транзисторы германиевые сплавные П42А, П42Б *p-n-p*.

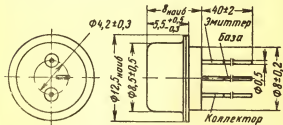


рис. 13-53. Габаритный чертеж транзисторов П42А, П42Б.

Предназначены для использования в переключающих и триггерных схемах радиоэлектронной аппаратуры. Транзисторы выпускаются в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и гибкими выводами.

Электрические параметры

Параметры	Типы транзисторов	
	П42А	П42Б
Коэффициент усиления по постоянному току при $I_K = 10$ ма, $U_K = 1$ в, $B_{ст}$	30—50	45—100
Время переключения при $I_K = 10$ ма, $U_K = -15$ в, τ , мксек ие более	1,5	1,0
Остаточное напряжение при $I_K = 10$ ма, $U_{ост}$, в ие более . . .	0,15	0,25
Входное напряжение при $I_K = 10$ ма, $U_{вх}$, в ие более . . .	0,35	0,4

Примечание. Параметры транзисторов при температуре $+20 \pm 5^\circ \text{C}$.

Ток закрытого транзистора при $U_K = -15$ в, I_{K3} , ие более:	
при температуре $+20^\circ \text{C}$	25 мка
при температуре $+60^\circ \text{C}$	150 мка
Импульсный ток закрытого транзистора при $I_K = 8$ ма, $U_K = -12$ в, $t_0 = +20^\circ \text{C}$, ие более	400 мка
Предельная частота усиления по току при $I_K = 1$ ма, $U_K = -5$ в, f_a , ие менее	1 Мгц

Предельные эксплуатационные режимы транзисторов при температуре от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$

Максимальная мощность, рассеиваемая транзистором при температуре до $+45^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{макс}}^1$	200 <i>вт</i>
Максимальное напряжение на коллекторе $U_{\text{к.макс}}$	-15 <i>в</i>
Максимальный ток коллектора в режиме переключения при насыщении или в им- пульсном режиме, $I_{\text{к.макс.имп}}$	150 <i>ма</i>
Интервал рабочих температур	От -60 до $+70^{\circ}\text{C}$
Относительная влажность окружающей среды при $+40^{\circ}\text{C}$	До 98%
Постоянное и ударное ускорения	До 150 <i>g</i>
Вибрационные ускорения в диапазоне час- тот от 5 до 2 000 <i>гц</i>	До 12 <i>g</i>

¹ При температуре свыше $+45^{\circ}\text{C}$ мощность определяется по формуле

$$P_{\text{макс}} = \frac{85 - t_c}{0,2}, \text{ вт.}$$

При давлении окружающей среды менее 50 *мм рт. ст.* максимальная мощность определяется по формуле

$$P_{\text{макс}} = \frac{85 - t_c}{0,3}, \text{ вт.}$$

Срок службы не менее 5 000 ч.

Указания по эксплуатации

Для обеспечения большей долговечности при длительной работе рекомендуется использовать транзисто-

ры в режимах не превышающих $P = 0,8P_{\text{макс}}$, $I = 0,9I_{\text{макс}}$, $U = 0,7U_{\text{к. макс.}}$

Не рекомендуется использовать транзисторы при температурах окружающей среды выше $+60^{\circ}\text{C}$ и ниже -20°C , подвергать транзисторы воздействию ударных ускорений выше 50 g и вибрации выше 5 g .

При включении транзисторов в схему, находящуюся под напряжением, базовый вывод должен присоединяться первым.

Изгиб выводов разрешается производить на расстоянии не менее 5 мм от корпуса транзистора, при этом часть вывода между местом изгиба и корпусом должна быть неподвижной, чтобы не нарушать спая стекла с металлом, что приведет к нарушению герметичности прибора.

Пайка выводов транзистора должна производиться на расстоянии не менее 5 мм от его корпуса паяльником мощностью $50-60\text{ вт}$ или погружением луженой части вывода не более чем на 10 сек в расплавленный припой с температурой не более $+260^{\circ}\text{C}$.

При эксплуатации транзисторы должны жестко крепиться за корпус.

13-8. Транзисторы кремниевые сплавные П101, П101А, П102, П103

n-p-n

Предназначены для работы в радиотехнических и электронных устройствах широкого применения: П101 — для усиления сигналов низкой частоты; П101А — для усиления сигналов низкой частоты в схемах с низким уровнем шумов; П102 и П103 — для усиления сигналов промежуточной частоты.

Транзисторы конструктивно оформлены в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и имеют гибкие выводы.

Вес транзистора не более 1 г .

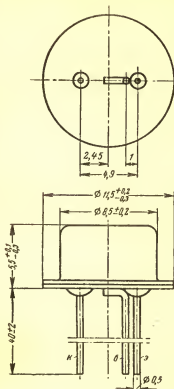


Рис. 13-54. Габаритный чертеж транзисторов П101—П103.

Электрические параметры

Наименование параметров	Тип транзистора						Режим измерения					
	П101		П101А		П102		П103		Ток эмиттера $I_{э}, \text{мА}$	Напряжение на коллекто- ре $U_{к.с}$	Частота f , кГц	Температура окружающей среды $t_c, ^\circ\text{C}$
	1	2	1	2	1	2	1	2				
Предельная частота усиления по току $f_a, \text{МГц}$	0,2	—	0,2	—	0,465	—	1	—	1	+5	—	+ 20
Коэффициент усиления по току α (в схеме с общей базой)	0,9	—	0,9	—	0,93	—	0,9	—	1	+5	1	+ 20
Обратный ток коллектора $I_{к0}, \text{мкА}$	—	50	—	50	—	1	—	50	—	+5	—	+ 20
Выходная проводимость $h_{21}, \text{мкМО}$	—	3,3	—	3,3	—	2	—	3,3	—	+5	1	+ 20
Коэффициент шума $F_{ш}, \text{дБ}$	—	—	—	18	—	—	—	—	0,2	+1	1	+ 20

Примечания: 1. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.

2. Графы 1, 2 обозначают наименьшее, наибольшее значения соответственно.

Предел ьные эксплуатационные д а н н ы е

Ток коллектора 20 *ма*.

Ток коллектора в режиме переключения при насыщении (для транзистора П103) 40 *ма*.

Ток эмиттера 20 *ма*.

Напряжение на коллекторе в схеме с общим эмиттером при напряжении эмиттер — база, равном нулю, и температуре $+20 \pm 5^\circ \text{C} + 10 \text{ в}$.

Напряжение на коллекторе в схеме с общей базой при температуре окружающей среды до $+120^\circ \text{C}^* + 10 \text{ в}$.

Мощность, рассеиваемая при температуре окружающей среды до $+75^\circ \text{C}$, 150 *мвт*.

Мощность, рассеиваемая при температуре окружающей среды выше $+75^\circ \text{C}$, рассчитывается по формуле

$$P_{\text{макс}} = \frac{150^\circ \text{C} - t_c}{0,5^\circ \text{C/мвт}}, \text{ мвт.}$$

Диапазон рабочих температур от -60 до $+120^\circ \text{C}$. Относительная влажность при температуре $+40 \pm 5^\circ \text{C}$ $95 \pm 3\%$.

Давление окружающего воздуха от 5 *мм рт. ст.* до 2 *ат*.

Вибрационные нагрузки с частотой 50 *гц* с ускорением до 10 *г*.

Указания по эксплуатации

Для большей надежности при длительной работе рекомендуется эксплуатировать транзисторы при напряжении коллектора не более $+5 \text{ в}$ и мощности рассеивания не более 75 *мвт*.

Пайка выводов допускается на расстоянии не менее 5 *мм* от корпуса транзистора путем погружения на время не более 10 *сек* в припой с температурой не выше 260°C .

При эксплуатации в условиях механических воздействий транзисторы необходимо жестко крепить за корпус.

* Для транзисторов П101 при температуре окружающей среды до $+75^\circ \text{C}$ предельное напряжение на коллекторе 20 *в*.

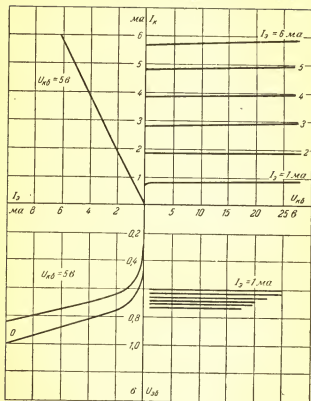


Рис. 13-55. Типовые характеристики транзисторов П101—П103 для схемы с общей базой.

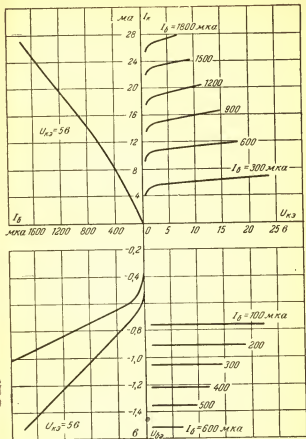


Рис. 13-56. Типовые характеристики транзистора П101 для схемы с общим эмиттером при температуре окружающей среды $20 \pm 5^\circ C$.

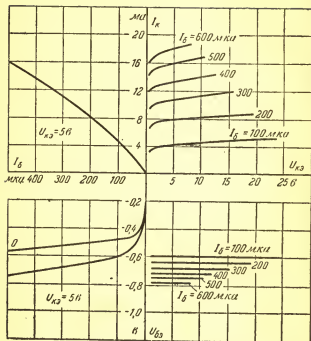


Рис. 13-57. Типовые характеристики транзистора П102 для схемы с общим эмиттером.

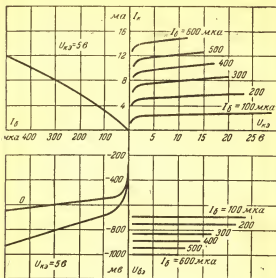
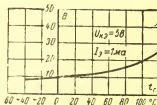


Рис. 13-58. Типовые характеристики транзистора П103 для схемы с общим эмиттером при температуре окружающей среды $+20 \pm 5^\circ \text{C}$.

Рис. 13-59. Зависимость коэффициента усиления по току транзисторов П101—П103 от температуры окружающей среды.



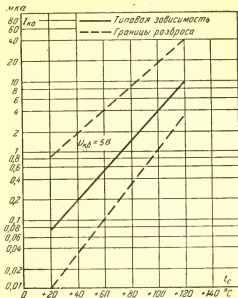
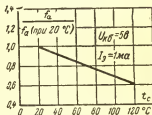


Рис. 13-60. Зависимость обратного тока коллекторного перехода транзисторов П101-П103 от температуры окружающей среды.

Рис. 13-61. Зависимость относительного изменения граничной частоты f_a от температуры окружающей среды для транзистора П103.



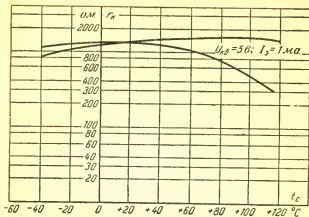


Рис. 13-62. Зависимость сопротивления коллектора транзисторов П101—П103 от температуры окружающей среды.

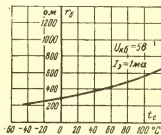


Рис. 13-63. Зависимость сопротивления базы транзисторов П101—П103 от температуры окружающей среды.

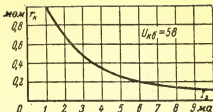


Рис. 13-64. Зависимость сопротивления коллектора транзисторов П101—П103 от тока эмиттера.

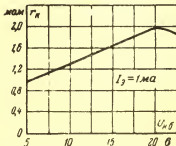


Рис. 13-65. Зависимость сопротивления коллектора транзисторов П101—П103 от напряжения коллектор—база.

13-9. Транзисторы кремниевые сплавные П104, П105, П106

p-n-p

Предназначены для усиления и генерирования электрических сигналов в диапазоне частот до 465 кГц.

Транзисторы конструктивно оформлены в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и гибкими выводами.

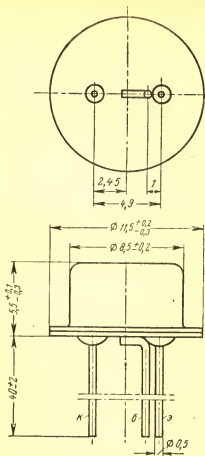


Рис. 13-66. Габаритный чертеж транзисторов П104--П106.

Предельные эксплуатационные данные

Наибольший ток эмиттера:

в режиме усиления	10 <i>ма</i>
в режиме переключения	50 <i>ма</i>

Наибольший ток коллектора:

в режиме усиления	10 <i>ма</i>
в режиме переключения	50 <i>ма</i>

Наибольшее напряжение коллектор — база при разомкнутом эмиттере:

для П104	60 <i>в</i>
для П105	30 <i>в</i>
для П106	15 <i>в</i>

Наибольшее напряжение коллектор — эмиттер при сопротивлении в цепи эмиттера—база не более 1 *ком*:

для П104	60 <i>в</i>
для П105	30 <i>в</i>
для П106	15 <i>в</i>

Наибольшее напряжение эмиттер — база при разомкнутом коллекторе 45 *в*.

Мощность рассеяния на коллектора при температуре окружающей среды $+75 \pm 5^\circ \text{C}$ до 150 *мвт*. Далее предельная мощность рассеяния снижается по линейному закону и при $120 \pm 5^\circ \text{C}$ составляет 60 *мвт*.

Температура окружающей среды от -60°C до $+120^\circ \text{C}$.

Указания по эксплуатации

При включении транзистора в цепь коллекторный вывод должен присоединяться последним и отключаться первым.

Пайка и изгиб выводов допускаются на расстоянии не менее 5 *мм* от корпуса транзисторов. Пайку следует производить паяльником мощностью 50—60 *вт* в течение не более 10 *сек*.

При эксплуатации транзисторов в условиях механических ускорений более 2 *g* транзисторы необходимо крепить за корпус.

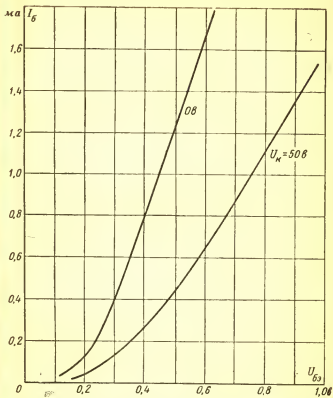


Рис. 13-67. Входная характеристика в схеме с общим эмиттером транзистора П104 при температуре окружающей среды $+20^\circ\text{C}$.

Наименование параметров	Тип транзистора					
	П104		П105		П106	
	1	2	1	2	1	2
Коэффициент усиления по току B	9 7 9	— — —	9 7 9	— — —	13,5 10 13,5	— — —
Предельная частота усиления f_{α} , Мгц	0,1	—	0,1	—	0,5	—
Входное сопротивление h_{11} , ом	—	300	—	300	—	300
Начальный ток коллектора I_{K0} , ма	—	1	—	1	—	1
Обратный ток коллектора I_{K0} , ма	—	400	—	400	—	400
Обратный ток эмиттера $I_{Э0}$, ма****	—	200	—	200	—	200
Коэффициент обратной связи по напряжению $h_{12} \times 10^{-3}$	0,3 0,1 1	0,75 0,2 3	0,3 0,1 1	0,75 0,2 3	0,3 0,1 1	0,5 0,2 3
Выходная проводимость h_{22} , мкмо	10 5 15	60 55 90	10 5 15	60 55 90	10 5 15	60 55 90
Статический коэффициент усиления по току $B_{ст}$	9	—	9	—	14	—
Емкость коллектора C_K , пф	40	80	40	80	40	80
Емкость эмиттера $C_Э$, пф	—	60	35	60	—	60
Напряжение между коллектором и эмиттером $U_{К.н}$ в режиме насыщения, в	—	0,7	—	0,7	—	0,7
Напряжение между базой и эмиттером $U_{Б.н}$ в режиме насыщения, в	—	1,2	—	1,2	—	1,2

* Входное сопротивление дается при следующих напряжениях для П106 15 в.

** Начальный ток коллектора дается при следующих напряжениях П106 20 в.

*** Обратный ток коллектора дается при следующих напряжениях П106 10 в.

**** Обратный ток коллектора дается при следующих напряжениях П106 5 в.

***** Напряжения насыщения $U_{К.н}$ и $U_{Б.н}$ даются при П104 60 в; для П105 30 в; для П106 15 в при $K_H = 2$.

Примечания: 1. Жирным шрифтом выделены клас

2. Графы 1, 2 обозначают наименьшее, наибольшее ана

параметры

	Режим измерения				Температура окружающей среды t_c , °C
	Ток эмиттера $I_э$, ма	Ток коллектора I_k , ма	Напряжение на коллекторе U_k , в	Частота f , кГц	
—	—	—	—	—	+ 20
1	1	5	0,27	—	— 60
—	—	—	—	—	+ 120
1	1	5	—	—	+ 20
1	1	*	—	—	+ 20
—	—	**	—	—	+ 20
—	—	***	—	—	+ 120
—	—	—	—	—	+ 120
—	—	—	—	—	+ 20
1	—	5	0,27	—	— 60
—	—	—	—	—	+ 120
—	—	—	—	—	+ 20
1	—	5	0,27	—	— 60
—	—	—	—	—	+ 120
—	5	1,5	—	—	+ 20
0	—	5	465	—	+ 20
—	0	—	465	—	+ 20
—	10	*****	—	—	+ 20
—	10	—	—	—	+ 20

ниях на коллекторе: для П104 50 в; для П105 30 в;

ряжениях на коллекторе: для П104 70 в; для П105 40 в; для

ряжениях на коллекторе: для П104 30 в; для П105 15 в; для

ряжениях на эмиттере: для П104 10 в; для П105 10 в; для

следующих напряжений источника питания коллектора: для

сификационные параметры.

чения соответственно.

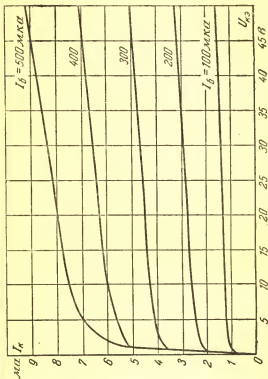


Рис. 13-68. Выходная характеристика в схеме с общим эмиттером транзистора П104 при температуре окружающей среды $+20^{\circ}\text{C}$.

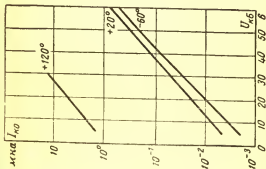


Рис. 13-69. Зависимость обратного тока коллектора от напряжения коллектор—база при различных температурах окружающей среды для транзисторов П104.

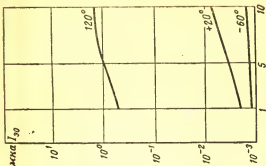


Рис. 13-70. Зависимость обратного тока эмиттера от напряжения на эмиттере $U_Э$ для транзистора П104 при различных температурах окружающей среды.

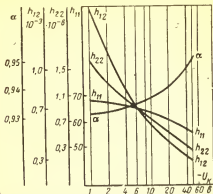


Рис. 13-71. Зависимость h -параметров транзисторов П104 от напряжения на коллекторе.

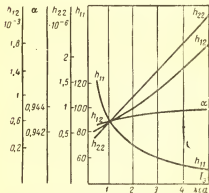


Рис. 13-72. Зависимость h -параметров транзисторов П104 от тока эмиттера.

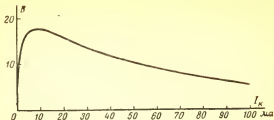


Рис. 13-73. Зависимость коэффициента усиления по постоянному току от тока коллектора при температуре окружающей среды $+20^{\circ}\text{C}$ транзисторов П104.

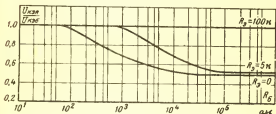


Рис. 13-74. Зависимость предельно допустимого напряжения коллектор—эмиттер от величины сопротивления между базой и эмиттером при температуре $+20^{\circ}\text{C}$ транзисторов П104.

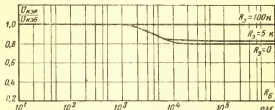


Рис. 13-75. Зависимость предельно допустимого напряжения коллектор—эмиттер от величины сопротивления между базой и эмиттером при температуре -60°C транзисторов П104.

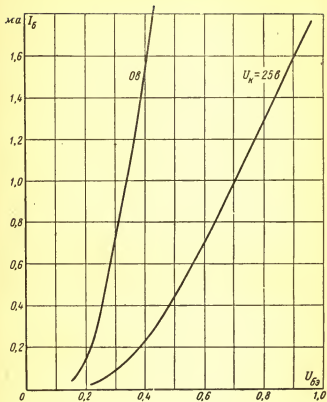


Рис. 13-76. Входная характеристика в схеме с общим эмиттером транзистора П105 при температуре $+20^\circ \text{C}$.

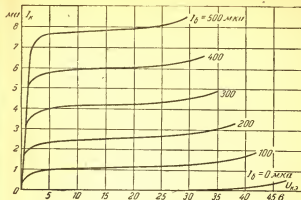


Рис. 13-77. Выходная характеристика в схеме с общим эмиттером транзистора П105 при температуре $+20^\circ\text{C}$.

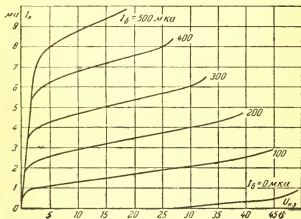


Рис. 13-78. Выходная характеристика в схеме с общим эмиттером транзистора П105 при температуре $+120^\circ\text{C}$.

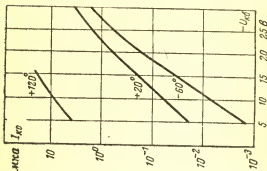


Рис. 13-79. Зависимость обратного тока коллектора от напряжения коллектор — база транзистора П106 при различных температурах.

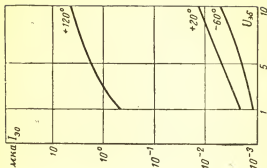


Рис. 13-80. Зависимость обратного тока эмиттера от напряжения на эмиттере транзистора П106 при различных температурах.

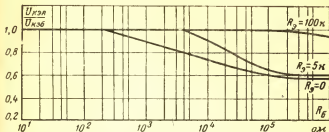


Рис. 13-81. Зависимость предельно допустимого напряжения коллектор—эмиттер от величины сопротивления между базой и эмиттером транзистора П105 при температуре $+20^\circ \text{C}$.

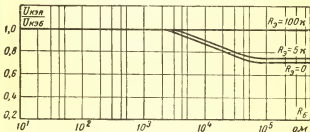


Рис. 13-82. Зависимость предельно допустимого напряжения коллектор—эмиттер от величины сопротивления между базой и эмиттером при температуре -60°C .

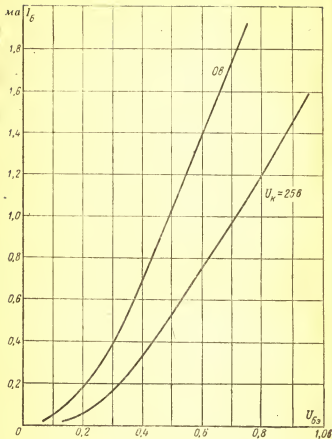


Рис. 13-83. Входная характеристика в схеме с общим эмиттером транзистора П1106 при температуре $+20^\circ\text{C}$.

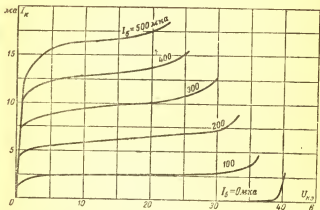


Рис. 13-84. Выходная характеристика в схеме с общим эмиттером транзистора П1106 при температуре $+20^{\circ}\text{C}$.

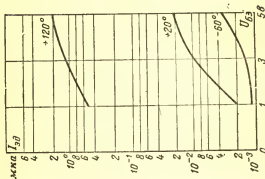


Рис. 13-86. Зависимость обратного тока эмиттера от напряжения эмиттер — база транзистора П1106 при различных температурах.

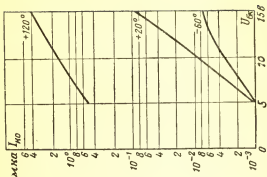


Рис. 13-85. Зависимость обратного тока коллектора от напряжения коллектор — база транзистора П1106 при различных температурах.

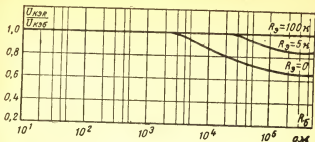


Рис. 13-87. Зависимость предельного напряжения коллектор—эмиттер от величины сопротивления между базой и эмиттером транзистора П106 при температуре $+20^{\circ}\text{C}$.

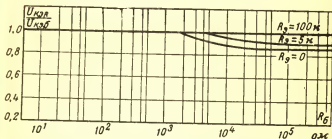


Рис. 13-88. Зависимость предельного напряжения коллектор—эмиттер от величины сопротивления между базой и эмиттером транзистора П106 при температуре -60°C .

13-10 Транзисторы германиевые сплавные ГТ108А, ГТ108Б, ГТ108В, ГТ108Г

p-n-p

Транзисторы предназначены для работы в усилительных и генераторных схемах миниатюрных радиоэлектронных устройств.

Выпускаются в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и гибкими выводами.

Вес транзистора не более 0,5 г.

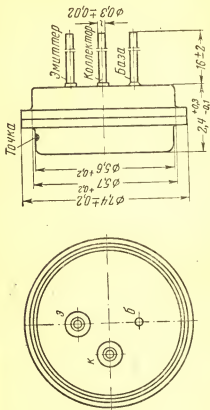


Рис. 13-89. Габаритные размеры транзисторов ГТ108А, ГТ108Б, ГТ108В, ГТ108Г.

Электрические параметры транзисторов

Параметры	Типы транзисторов			
	ГТ108А	ГТ108Б	ГТ108В	ГТ108Г
Коэффициент усиления по току B при $I_3 = 1$ ма, $U_{к.э} = -5$ в, $f = 270$ гц и температуре:				
$t_c = +20^\circ\text{C}$	20—50	35—80	60—130	110—250
Предельная частота усиления по току при $I_3 = 1$ ма, $t_c = +20^\circ\text{C}$ (не менее), Мгц	0,5	35—105	60—180	110—330
Обратный ток коллектора $I_{к0}$ при $U_{к.э} = -5$ в, $I_3 = 0$		1	1	1
Обратный ток эмиттера $I_{э0}$ при $U_{э.б} = -5$ в, $I_{к.э} = 0$				
				< 10 мка
Емкость коллектора C_k при $U_{к.э} = -5$ в, $f = 465$ кГц				< 15 мка
Постоянная времени цепи обратной связи $r_b C_k$ при $U_{к.э} = -5$ в, $I_3 = 1$ ма, $f = 465$ кГц				< 30 пф
Выходная проводимость h_{22} при $U_{к.э} = -5$ в, $I_3 = 1$ ма, $f = 270$ гц				$< 3\ 500$ псек
				$< 3\ 3$ мкмо

Предельные эксплуатационные режимы транзисторов в диапазоне температур от -20°C до $+55^\circ\text{C}$

Мощность, рассеиваемая транзистором при температуре до $+20^\circ\text{C}$ при тепловом сопротивлении $0,8^\circ\text{C}$ ватт и давлении окружающей среды не менее 50 мм рт. ст., $P_{\text{макс}} = 75$ мвт.

При температуре окружающей среды от $+20^{\circ}\text{C}$ до $+55^{\circ}\text{C}$ мощность определяется по формуле

$$P_{\text{макс}} = \frac{80 - t_c}{0,8}, \text{ мвт.}$$

При давлении окружающей среды менее 50 мм рт. ст. мощность, рассеиваемая транзистором, определяется по формуле

$$P_{\text{макс}} = \frac{80 - t_c}{1,0}, \text{ мвт.}$$

Напряжение коллектор — база $U_{\text{к. б}} = 15 \text{ в.}$

Ток коллектора $I_{\text{к. макс}} = 50 \text{ ма.}$

Минимальная температура окружающей среды -20°C .

Максимальная температура окружающей среды $+55^{\circ}\text{C}$.

Относительная влажность окружающей среды при температуре $+40^{\circ}\text{C} = 98\%$.

Транзисторы выдерживают воздействие вибрационных ускорений до 3 g в диапазоне частот от 10 до 70 гц и ударных ускорений до 15 g.

Срок службы транзисторов не менее 5 000 ч.

У к а з а н и я п о э к с п л у а т а ц и и

При включении транзисторов в электрическую цепь, находящуюся под напряжением, базовый контакт должен присоединяться первым и отключаться последним.

При монтаже транзисторов в аппаратуре пайка должна производиться паяльником мощностью 50—60 вт в течение 10 сек на расстоянии не менее 5 мм от корпуса.

Изгиб выводов может производиться на расстоянии не менее 5 мм от корпуса. При этом выводы между местом изгиба и стеклянным изолятором должны быть неподвижны.

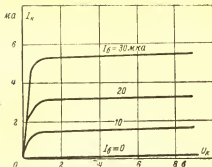


Рис. 13-90. Типовые выходные характеристики транзисторов ГТ108А—ГТ108Г в схеме с общим эмиттером.



Рис. 13-91. Типовые входные характеристики транзисторов ГТ108А—ГТ108Г в схеме с общим эмиттером.

13-11. Транзисторы германиевые сплавные ГТ109А,
ГТ109Б, ГТ109В, ГТ109Г

p-n-p

Предназначены для применения в миниатюрных радиоэлектронных устройствах.

Транзисторы выпускаются в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и гибкими выводами.

Вес прибора не более 0,1 г.

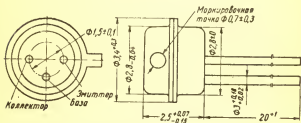


Рис. 13-92. Габаритный чертеж транзисторов ГТ109А—ГТ109Г.

Электрические параметры транзисторов при
температуре $+20 \pm 5^\circ \text{C}$

Параметры	Типы транзисторов			
	ГТ109А	ГТ109Б	ГТ109В	ГТ109Г
Коэффициент усиления по току В при $I_0 = 1 \text{ ма}$, $U_к = 5 \text{ в}$, $f = 270 \text{ гц}$	20—50	35—80	60—130	110—250

Обратный ток коллектора при $U_K = -5$ в, I_{K0} , не более	5 мка
Обратный ток эмиттера I_{E0} , при $U_E = -5$ в, не более	5 мка
Предельная частота усиления по току при $I_E = 1$ ма, $U_K = -5$ в, f_a , не менее	1 Мгц
Емкость коллектора при $U_K = -5$ в, $f = 465$ кгц, не более	30 пф
Постоянная времени обратной связи при $U_K = -5$ в, $I_E = 1$ ма, $f = 465$ кгц, $r_b C_K$, не более	3 500 псек
Выходная проводимость при $U_K = -5$ в, $I_E = 1$ ма, $f = 270$ гц, h_{22} , не более	3,3 мкмо

Предельные эксплуатационные режимы транзисторов в диапазоне от -20 до $+55^\circ \text{C}$

Максимальная мощность, рассеиваемая транзистором, при температуре до $+20^\circ \text{C}$, $P_{\text{макс}}^1$	30 мвт
Максимальный ток коллектора $I_{K. \text{макс}}$	20 ма
Максимальное напряжение коллектор—база $U_{K6. \text{макс}}$	15 в
Максимальное напряжение коллектор—эмиттер при сопротивлении база—эмиттер до 200 ком $U_{KЭ. \text{макс}}$	6 в
Максимальная температура перехода $t_{п. \text{макс}}$	$+80^\circ \text{C}$
Рабочая температура транзистора	От 20 до $+55^\circ \text{C}$
Относительная влажность при температуре $+40^\circ \text{C}$	95—98%
Постоянные линейные и ударные ускорения (при одиночных ударах)	До 100 g

¹ При температуре выше $+20^\circ \text{C}$ мощность определяется по формуле:

$$P_{\text{макс}} = \frac{t_{\text{пер}} - t_c}{1,8}, \text{ мвт.}$$

Ударные ускорения при многократных ударах До 15 g
 Вибрационные ускорения в диапазоне частот от 20 до 2 000 гц До 10 g
 Срок службы транзисторов не менее 5 000 ч.

У к а з а н и я п о э к с п л у а т а ц и и

При включении транзисторов в схему, находящуюся под напряжением, базовый вывод должен присоединяться первым и отключаться последним.

При монтаже транзисторов в схему пайка их должна производиться на расстоянии не менее 5 мм от корпуса транзистора паяльником мощностью 50—60 вт в течение 10 сек. При этом должны быть приняты меры, исключающие возможность перегрева транзистора.

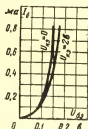


Рис. 13-93. Типовые входные характеристики в схеме с общим эмиттером транзисторов ГТ109А — ГТ109Г при $+20^{\circ}\text{C}$.

Изгиб выводов транзистора допускается на расстоянии не менее 5 мм от корпуса, при этом часть вывода между местом изгиба и корпусом должна быть неподвижной, чтобы не произошло нарушения спая вывода со стеклянным изолятором, ведущего к потере герметичности транзистора.

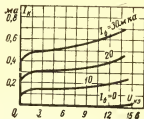


Рис. 13-94. Типовые выходные характеристики в схеме с общим эмиттером транзисторов ГТ109А при $+20^\circ\text{C}$.

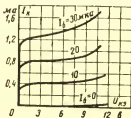


Рис. 13-95 Типовые выходные характеристики в схеме с общим эмиттером транзисторов ГТ109Б при $+20^\circ\text{C}$.

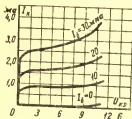


Рис. 13-96. Типовые выходные характеристики в схеме с общим эмиттером транзисторов ГТ109В при $+20^\circ\text{C}$.

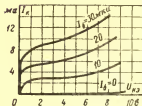


Рис. 13-97. Типовые выходные характеристики в схеме с общим эмиттером транзисторов ГТ109Г при $+20^\circ\text{C}$.

РАЗДЕЛ ЧЕТЫРНАДЦАТЫЙ
ТРАНЗИСТОРЫ МАЛОЙ МОЩНОСТИ
СРЕДНЕЧАСТОТНЫЕ

14-1. Транзисторы германиевые сплавные П12,
П12А, П406, П407

p-n-p

Предназначены для работы в радиотехнической аппаратуре в триггерных, ключевых и других импульсных схемах.

Транзисторы конструктивно оформлены в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и имеют гибкие выводы.

Вес транзистора не более 1,5 г.

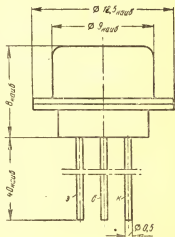
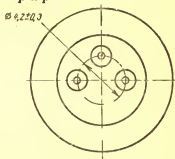


Рис. 14-1. Габаритный чертеж транзисторов П12, П12А, П406, П407.

Электрические параметры

Наименование транзисторов	Тип транзистора								Режим измерения	
	П112		П112А		П406		П407		Частота f , кГц	Температура окружающей среды t_c , °C
	1	2	1	2	1	2	1	2		
Предельная частота усиления по току f_{α} , МГц	5	—	5	—	10	—	20	—	—	+20
Коэффициент усиления по току В	20	—	20	40	20	—	20	—	—	+20
	10	—	10	40	10	—	10	—	—	+20
Обратный ток коллектора I_{K0} , мкА	—	6	—	6	—	6	—	6	—	+20
Обратный ток эмиттера $I_{Э0}$, мкА	—	50	—	50	—	50	—	50	—	+20
Выходная проводимость h_{21} , мкА/мВ	—	10	—	6	—	10	—	10	—	+20
	—	2	—	2	—	2	—	2	—	+20
Емкость коллектора C_K , пФ	—	5	—	5	—	5	—	5	—	+20
	—	20	—	20	—	20	—	20	—	+20
Сопротивление базы на высокой частоте	—	150	—	150	—	150	—	150	—	+20
r_b , ом	—	150	—	150	—	150	—	150	—	+20

Примечания: 1. Значения приведены при токе эмиттера $I_3 = 1$ ма и напряжении на коллекторе $U_K = -6$ в.

2. Значения обратного тока эмиттера $I_{Э0}$ приведены при напряжении на эмиттере $U_3 = - - - 6$ в.

3. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.

4. Графы 1, 2 обозначают наименьшее, наибольшее значения соответственно.

Предел ьные эксплуатационные данные

Ток коллектора не более 5 *ма*.

Напряжение на коллекторе в схеме с общим эмиттером и общей базой не более —6 *в*.

Ток эмиттера не более 5 *ма*.

Напряжение на эмиттере не более —6 *в*.

Мощность, рассеиваемая в интервале температур окружающей среды от —60 до +70° С, не более 30 *мвт*.

Диапазон рабочих температур от —60 до +70° С.

Относительная влажность при температуре +40° С до $98 \pm 3\%$.

Давление окружающего воздуха от 5 *мм рт. ст.* до 2 *ат*.

Вибрационные нагрузки в диапазоне частот от 5 до 2 000 *гц* с ускорением до 12 *g*.

Срок службы не менее 5 000 ч.

Указания по эксплуатации

Пайка выводов допускается на расстоянии не менее 5 *мм* от корпуса транзистора, при этом должен быть обеспечен надежный теплоотвод между местом пайки и корпусом транзистора.

Транзисторы должны жестко крепиться за корпус при эксплуатации в условиях механических воздействий.

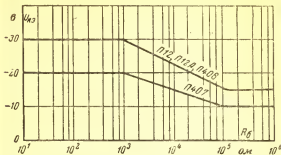


Рис. 14-2. Зависимость напряжения коллектор—эмиттер от сопротивления в цепи базы транзисторов П12, П12А, П406, П407.

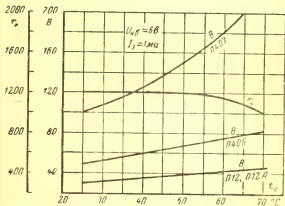


Рис. 14-3. Зависимость коэффициента усиления по току и сопротивления коллекторного перехода (в киломах) от температуры окружающей среды для транзисторов П12, П12А, П406, П407.

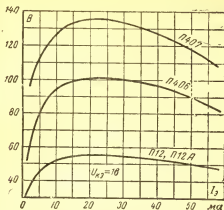


Рис. 14-4. Зависимость коэффициента усиления по току от тока эмиттера транзисторов П12, П12А, П406, П407 при $t_c = 20 \pm 5$ °C.

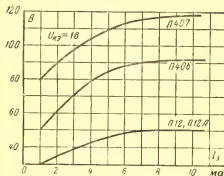


Рис. 14-5. Зависимость коэффициента усиления по току от тока эмиттера (область малых токов) транзисторов П12, П12А, П406, П407.

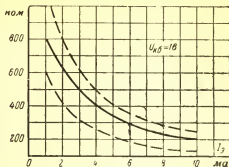


Рис. 14-6. Зависимость сопротивления коллекторного перехода r_K от тока эмиттера транзисторов П12, П406, П407.

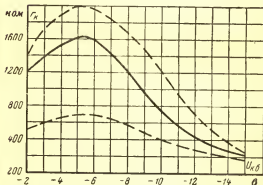


Рис. 14-7. Зависимость сопротивления коллекторного перехода от напряжения коллектор—база транзисторов П12, П12А, П406, П407.

14-2. Транзисторы германиевые сплавные П29, П29А, П30

р-п-р

Предназначены для работы в радиотехнической аппаратуре в переключающих и импульсных режимах.

Транзисторы конструктивно оформлены в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и имеют гибкие выводы.

Вес транзистора не более 1,5 г.

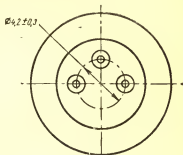
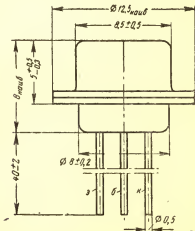


Рис. 14-8. Габаритный чертеж транзисторов П29 — П30.



Электрические параметры

890

Наименование параметров

Наименование параметров	Тип транзистора						Режим измерения	
	П29		П29А		П30		Ток коллектора $I_{к.ма}$	Напряжение на коллекторе $U_{к.ма}$
	1	2	1	2	1	2		
Коэффициент усиления по току B	25	50	45	90	80	160	20	-0.5
Предельная частота усиления по току f_{α} , МГц	8	—	15	—	26	—	20	-0.5
Обратный ток коллектора $I_{к0}$, мкА ¹	5	—	5	—	10	—	—	—
Обратный ток эмиттера $I_{э0}$, мкА ¹	—	4	—	4	—	4	—	-12
Напряжение между базой и эмиттером $U_{б.и}$ в режиме насыщения, в ⁴	—	160	—	160	—	160	—	-12
Напряжение между коллектором и эмиттером $U_{к.и}$ в режиме насыщения, в ⁴	—	4	—	4	—	4	0	—
Емкость коллектора $C_{к.пф}$	—	0.4	—	0.4	—	0.4	20	—
	—	0.2	—	0.2	—	0.2	20	—
	—	20	—	20	—	20	—	-6

¹ Значения приведены при напряжении на эмиттере $U_{э} = -12$ в.

² Значения приведены на частоте $f = 1$ МГц.

³ Значения приведены при токе эмиттера $I_{э} = 0$ ма.

⁴ Значения приведены при токе базы $I_{б} = 1$ ма.

Примечания: 1. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.
2. Графы 1, 2 обозначают наименьшее, наибольшее значения соответственно.

Пределные эксплуатационные данные

Ток коллектора в режиме переключения не более 100 *ма*.

Напряжение коллектор — база в режиме переключения не более 12 *в*.

Напряжение коллектор — эмиттер в режиме переключения не более 12 *в**

Напряжение эмиттер — база в режиме переключения не более 12 *в*.

Мощность, рассеиваемая транзистором в интервале температур от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$ без дополнительного теплоотвода, не более 30 *мвт*.

Диапазон рабочих температур от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$.

Относительная влажность при температуре $+40\pm 5^{\circ}\text{C}$ до $95\pm 3\%$.

Давление окружающего воздуха от 5 *мм рт. ст.* до 2 *ат*.

Вибрационные нагрузки в диапазоне частот от 5 до 2 500 *гц* с ускорением 20 *г*.

Срок службы не менее 5 000 *ч*.

Указания по эксплуатации

Пайка и изгиб выводов допускаются на расстоянии не менее 5 *мм* от корпуса транзистора. Пайка выводов производится в течение не более 10 *сек* припоем с температурой плавления не выше $+260^{\circ}\text{C}$.

При эксплуатации в условиях механических воздействий транзисторы должны жестко крепиться за корпус.

* Напряжение коллектор—эмиттер при токе базы, равно нулю, не должно превышать 10 *в* при температуре окружающей среды $+20^{\circ}\text{C}$ и 6 *в* при температуре окружающей среды $+70^{\circ}\text{C}$.

РАЗДЕЛ ПЯТНАДЦАТЫЙ ТРАНЗИСТОРЫ МАЛОЙ МОЩНОСТИ ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ

15-1. Транзисторы германиевые диффузионные П401, П402, П403, П403А

p-n-p

Предназначены для работы в радиотехнических и электронных устройствах в диапазоне коротких и ультракоротких волн и в импульсных схемах.

Транзисторы конструктивно оформлены в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и гибкими выводами.

Вес транзистора не более 1,2 г.

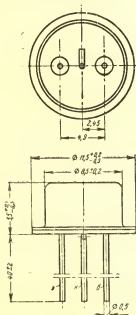


Рис. 15-1. Габаритный чертеж транзисторов П401—П403А.

Электрические параметры

Наименование параметров	Тип транзистора						Режим измерения				
	П401		П402		П403		П403А		Ток эмиттера $I_{э}$, мА	Частота f , МГц	Температура среды $t_{ср}$, °С
	1	2	1	2*	1	2	1	2			
Коэффициент усиления по то- ку K_u (в схеме с общей базой) . . .	0,94 0,925	—	0,94 0,925	—	0,97 0,95	0,99 —	0,94 0,925	—	5 5	50—1 000 50—1 000	+20 +60
Предельная частота усиления по току f_{α} , МГц	30	—	60	—	120	—	120	—	5	—	+20
Обратный ток коллектора $I_{к0}$, мкА	—	10 120 10	—	5 120 5	—	—	—	—	0 0 0	—	+20 +70 +60
Выходная проводимость h_{22} , мкмш	—	5	—	5	—	—	—	—	5 5 5	50—1 000 50—1 000	+20 +60
Постоянная времени цепи обрат- ной связи на высокой частоте τ_6 , мксек	—	3 500	—	1 000	—	—	—	—	5	5 · 10*	+20
Емкость коллектора C_k , пф . .	—	15	—	10	—	—	—	—	0	5 · 10*	—

Примечания: 1. Все значения приведены при напряжении на коллекторе $U_k = -5$ в.
2. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.

2. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.

3. Графы 1, 2 обозначают наименьшее, наибольшее значения соответственно.

Предельные эксплуатационные д а н н ы е

Ток коллектора 10 *ма*.

Напряжение коллектор — эмиттер при сопротивлении в цепи базы не более 1 *ком* — 10 *в*.

Напряжение коллектор—эмиттер при отключенной базе при температуре окружающей среды не более +40° С — 10 *в*.

Мощность, рассеиваемая прибором при температуре окружающей среды +20 ±5° С, 50 *мвт*.

Мощность, рассеиваемая при температуре окружающей среды выше +20° С, рассчитывается по формуле

$$P_{\text{макс}} = \frac{120 - t_c \text{ } ^\circ\text{C}}{2} \text{ .}$$

Диапазон рабочих температур от —60 до +70° С.

Относительная влажность при температуре +40±5° С до 95—98%.

Давление окружающего воздуха от 5 *мм рт. ст.* до 2 *ат*.

Вибрационные нагрузки в диапазоне частот от 10 до 600 *гц* с ускорением до 12 *г*.

У к а з а н и я п о э к с п л у а т а ц и и

Пайка выводов допускается на расстоянии не менее 5 *мм* от корпуса транзистора в течение не более 10 *сек* паяльником мощностью 50—60 *вт*.

При эксплуатации транзисторов в условиях механических ускорений более 2 *г* транзисторы необходимо крепить за корпус.

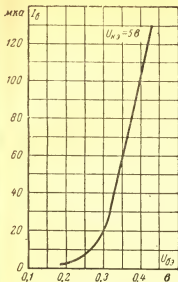


Рис. 15-2. Типовая входная характеристика транзисторов П401—П403А для схемы с общим эмиттером.

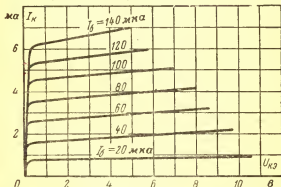


Рис. 15-3. Типовые выходные характеристики транзисторов П401, П402, П403 для схемы с общим эмиттером при $t_c = 20 \pm 5^\circ C$.

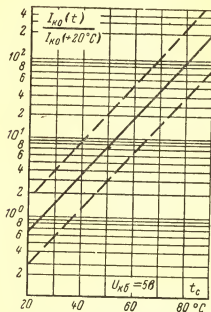


Рис. 15-4. Зависимость обратного тока коллекторного перехода от температуры окружающей среды транзисторов П401—П403А.

— типовой зависимости;
 --- границы 80% разброса.

15-2. Транзисторы германиевые диффузионные П414, П414А, П414Б, П415, П415А, П415Б

p-n-p

Предназначены для работы в электронных устройствах на коротких и ультракоротких волнах до 120 МГц в режимах усиления, генерирования и импульсном.

Транзисторы конструктивно оформлены в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и гибкими выводами.

Вес транзистора не более 1,2 г.

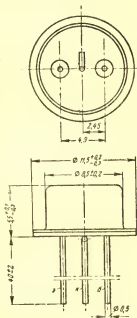


Рис. 15-5. Габаритный чертеж транзисторов П414—П415Б.

Наименование параметров	Тип транзистора							
	П414		П414А		П414Б		П415	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Частота генерации $f_{\text{макс}}$, МГц	60	—	60	—	60	—	120	—
Коэффициент усиления по току B	25 30 —	100 — 320	60 44 —	120 — 380	100 60 —	200 — 620	25 30 —	100 — 320
Обратный ток коллектора $I_{\text{к0}}$, мка	— — —	4 3 90	— — —	4 3 90	— — —	4 3 90	— — —	4 3 90
Обратный ток эмиттера $I_{\text{э0}}$, мка	—	100	—	100	—	100	—	100
Выходная проходимость h_{21} , мкмо	—	5	—	5	—	5	—	5
Емкость коллектора C_K , пф	—	10	—	10	—	10	—	10
Постоянная времени цепи обратной связи на высокой частоте $\tau_{\text{б}} C_K$, псек	—	1000	—	1000	—	1000	—	500

Примечания: 1. Жирным шрифтом выделены классы.
2. Графы 1, 2 обозначают наименьшее, наибольшее значения.

параметры

сторона				Режим измерения				
П415А		П415Б		Напряжение коллектор — база $U_{кб}, \text{в}$	Ток эмиттера $I_э, \text{мА}$	Частота $f, \text{Гц}$	Сопротивление базы $R_б, \text{ом}$	Температура окружающей среды $t_c, ^\circ\text{C}$
1	2	1	2					
120	—	120	—	5	5	—	—	+20
60	120	100	200	5	5	$1 \cdot 10^3$	100—3 000	+20
30	—	60	—	5	5	$1 \cdot 10^3$	100—3 000	-60
—	380	—	620	5	5	$1 \cdot 10^3$	100—3 000	+70
—	4	—	4	10	0	—	—	+20
—	3	—	3	10	0	—	—	-60
—	90	—	90	10	0	—	—	+70
—	100	—	100	—	0	—	—	+20
—	5	—	5	5	5	$1 \cdot 10^3$	200—2 000	+20
—	10	—	10	5	—	$5 \cdot 10^3$	150	+20
—	500	—	500	5	5	$5 \cdot 10^3$	—	+20

сификационные параметры.
 чения соответственно.

Предельные эксплуатационные д а н н ы е

Ток коллектора в импульсе или режиме переключения (при температуре окружающей среды от -60 до $+50^{\circ}\text{C}$) 30 ма

Ток коллектора 10 ма .

Обратный ток коллектора (при напряжении коллектор — база 5 в и температуре $+70^{\circ}\text{C}$) 70 мка .

Напряжение коллектор — база 10 в .

Напряжение коллектор — эмиттер (при сопротивлении в цепи базы не более 1 ком) 10 в .

Обратное напряжение эмиттер — база (при обратном токе менее 100 мка) 1 в .

Мощность рассеяния при температуре окружающей среды от -60 до $+20^{\circ}\text{C}$ 100 мвт .

При дальнейшем повышении температуры на каждые 10°C значение предельной мощности уменьшается на 15 мвт .

При давлении 5 мм рт. ст. величина предельной мощности снижается на 30% .

Диапазон рабочих температур от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$.

Относительная влажность при температуре $+40\pm 5^{\circ}\text{C}$ до $95\pm 3\%$.

Давление окружающего воздуха от 5 мм рт. ст. до 2 ат .

Вибрационные нагрузки в диапазоне частот от 5 до $2\,500\text{ гц}$ с ускорением до 15 г .

Температура перехода $+75^{\circ}\text{C}$.

Срок службы не менее $10\,000\text{ ч}$.

У к а з а н и я п о э к с п л у а т а ц и и

В условиях эксплуатации транзисторов с механическими ускорениями более 2 г транзисторы необходимо крепить за корпус.

При включении транзистора в схему коллекторный вывод должен присоединяться последним и отключаться первым.

Пайка выводов допускается на расстоянии не менее 3 мм от корпуса транзистора в течение не более 10 сек паяльником мощностью $50\text{—}60\text{ вт}$.

15-3. Транзисторы германиевые диффузионные П416, П416А, П416Б

р-п-р

Предназначены для работы в радиотехнических устройствах в диапазоне коротких и ультракоротких волн до 120 МГц в режимах усиления, генерирования и импульсном.

Транзисторы конструктивно оформлены в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и гибкими выводами.

Вес транзистора не более 2,2 г.

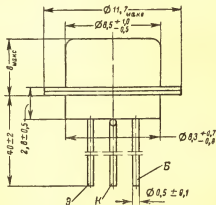
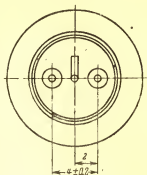


Рис. 15-6.
Габаритный
чертеж тран-
зисторов
П416—
П416Б.

Наименование параметров	Тип транзисто			
	П416		П416А	
	1	2	1	2
Коэффициент усиления по току B	25	80	60	125
Модуль коэффициента усиления по току $ B $	2	—	3	—
Обратный ток коллектора I_{K0} , $мкА$	{ — — —	3 3 90	— — —	3 3 90
Обратный ток эмиттера $I_{Э0}$, $мкА$		100	—	100
Статический коэффициент усиления по току $B_{ст}$	25	100	60	140
Постоянная времени цепи обратной связи на высокой частоте τ_6 , $мксек$	—	500	—	500
Выходная проводимость h_{22} , $мкм$	—	5	—	5
Обратное напряжение эмиттерного перехода	2	—	2	—
Емкость коллектора C_K , $пф$	—	8	—	8
Время рассасывания τ_p , $мксек$	—	1	—	1

¹ Значения приведены при напряжении на эмиттере $U_э = 2$ в.

² Значения приведены при скважности $D = 5 \div 10$.

³ Значения приведены при токе базы $I_6 = 4,4$ $мА$.

Примечания: 1. Жирным шрифтом выделены классы.
2. Графы 1, 2 обозначают наименьшее, наибольшее значение.

параметры

ра		Режим измерения			
П416Б		Ток эмиттера $I_{э}, \text{мА}$	Напряже- ние на коллекторе $U_{к}, \text{В}$	Частота f , Гц	Темпера- тура ок- ружающей среды $t_c, ^\circ\text{C}$
1	2				
100	200	5	— 5	50—1 000	+20
4	—	5	— 5	$20 \cdot 10^4$	+20
—	3	0	—10	—	+20
—	3	0	—10	—	—60
—	90	0	—10	—	+70
—	100	—	0	—	+20
100	200	50	— 3	50	+20
—	500	5	— 5	$5 \cdot 10^4$	+20
—	5	5	— 5	50—1 000	+20
2	0	0,1	0	—	+20
—	8	0	— 5	$5 \cdot 10^4$	+20
—	1	50	—	10^4 — 10^4	+20
—	1	50	—	10^4 — 10^4	+20

сификационные параметры,
ния соответственно.

Пределные эксплуатационные данные

Ток коллектора 15 *ма*.

Ток коллектора в импульсе или в режиме переключения 120 *ма*.

Средний ток коллектора (при $P_{\text{макс}} = 100$ *мвт*) 120 *ма*.

Напряжение коллектор — эмиттер при короткозамкнутых электродах эмиттера и базы 15 *в*.

Напряжение коллектор — эмиттер при запертом эмиттере 20 *в*.

Напряжение коллектор — эмиттер при сопротивлении в цепи базы не более 1 *ком* — 12 *в*.

Обратное напряжение эмиттер — база 3 *в*.

Мощность, рассеиваемая прибором, 100 *мвт*.

Мощность в импульсе (при $P_{\text{макс}} = 100$ *мвт*) 250 *мвт*.

Диапазон рабочих температур от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$.

Температура перехода $+85^{\circ}\text{C}$.

Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$ до 98%.

Давление окружающего воздуха от 5 *мм рт. ст.* до 3 *ат*.

Вибрационные нагрузки в диапазоне частот от 5 до 2 000 *гц* с ускорением до 15 *г*.

Срок службы не менее 10 000 *ч*.

Указания по эксплуатации

При включении транзистора в схему коллекторный вывод должен присоединяться последним и отключаться первым.

Пайка выводов допускается на расстоянии не менее 5 *мм* от корпуса транзистора в течение не более 10 *сек* паяльником мощностью 50—60 *вт*.

Разрешается производить пайку выводов на расстоянии не менее 5 *мм* от корпуса путем погружения не более чем на 10 *сек* в расплавленный припой с температурой не выше $+260^{\circ}\text{C}$.

При эксплуатации транзисторов в условиях механических ускорений более 2 *г* транзисторы необходимо крепить за корпус.

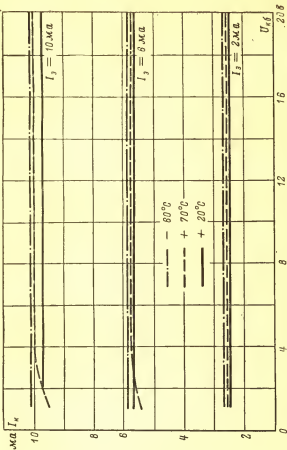


Рис. 15-7. Выходная характеристика транзистора П416А в схеме с общей базой.

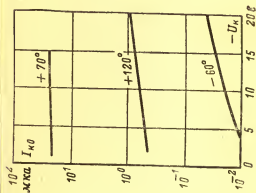


Рис. 15-8. Зависимость обратного тока коллектора от напряжения на коллекторе транзистора П416А при различных температурах.

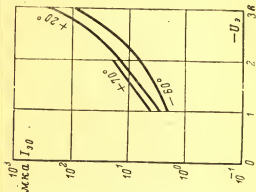


Рис. 15-9. Зависимость обратного тока эмиттера от напряжения на эмиттере транзистора П416А при различных температурах.

15-4. Транзисторы германиевые диффузионные П420, П421, П422, П422А, П423, П423А¹

p-n-p

Предназначены для генерирования усиления и преобразования колебаний высокой частоты в радиотехнических устройствах широкого применения, в том числе в радиовещательных приемниках.

Транзисторы конструктивно оформлены в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и имеют гибкие выводы.

¹ Выпуск транзисторов П420, П421, П422А, П423А в настоящее время прекращен.

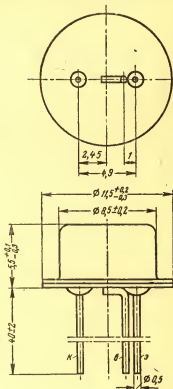


Рис. 15-10. Габаритный чертеж транзисторов П420—П423А.

Электрические параметры

Наименование параметра	Тип транзистора										Режим измерения	
	П420		П421		П422		П422А		П423		П423А	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Частота генерации f_{max} , МГц	30	—	30	—	60	—	60	—	120	—	120	—
Коэффициент усиления по току В . . .	12	—	15	—	30	100	15	—	30	100	15	—
	—	—	—	—	—	200	—	—	—	200	—	—
	10	—	12	—	18	—	12	—	18	—	12	—
Обратный ток коллектора I_{K0} , мкА .	10	—	10	—	—	5	—	5	—	5	5	—
	120	—	120	—	—	120	—	120	—	120	—	—
	10	—	10	—	—	5	—	5	—	5	—	—
Выходная проводимость h_{21} , мкА .	—	6	—	5	—	5	—	5	—	5	5	—
	—	6	—	5	—	5	—	5	—	5	5	—
	—	6	—	5	—	5	—	5	—	5	5	—
Емкость коллектора C_K , пф	—	20	—	15	—	10	—	10	—	10	10	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Пронизведение Γ_6 , С _К мксек . .	—	5 000	—	3 500	—	1 000	—	1 000	—	500	—	500
Частота $f_{\text{сч}}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ток эмиссии $I_{\text{э}}$, мА	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Температура окружающей среды $t_{\text{ср}}$, °С	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечания: 1. Все значения приведены при напряжении на коллекторе $U_K = -5$ в.

2. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.

3. Графы 1, 2 обозначают наименьшее, наибольшее значение соответственно.

Предельные эксплуатационные данные

Ток коллектора 25 *ма*.

Напряжение коллектор — эмиттер—12 *в* при сопротивлении в цепи базы не более 1 000 *ом*.

Мощность, рассеиваемая транзистором в интервале температур от -20 до $+20^{\circ}\text{C}$, 100 *мвт*.

Мощность в интервале температур от $+20$ до $+55^{\circ}\text{C}$ снижается на 5 *мвт* на каждые 10°C .

Температура коллекторного перехода $+70^{\circ}\text{C}$.

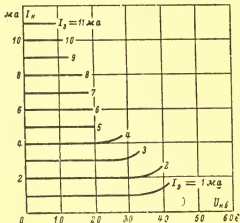


Рис. 15-11. Выходные характеристики транзисторов П420—423А в схеме с общей базой.

Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$ 95%.

Вибрационные нагрузки в диапазоне частот от 10 до 150 *гц* с ускорением до 8 *г*; ударные ускорения до 100 *г*.

Указания по эксплуатации

Пайка выводов допускается на расстоянии не менее 5 мм от корпуса транзистора в течение не более 10 сек. Мощность паяльника 50—60 вт.

Транзисторы должны жестко крепиться за корпус.

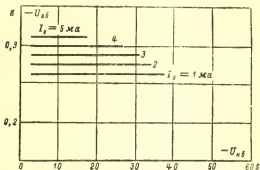


Рис. 15-12. Характеристика обратной связи транзисторов П420—П423А в схеме с общей базой.

15-5. Транзисторы германиевые диффузионные 1Т308А, 1Т308Б, 1Т308В, 1Т308Г

p-n-p

Предназначены для усиления и генерирования электрических колебаний высокой частоты и работы в импульсных схемах.

Транзисторы конструктивно оформлены в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и гибкими выводами. Вывод коллектора электрически соединен с корпусом транзистора.

Вес транзистора не более 2 г.

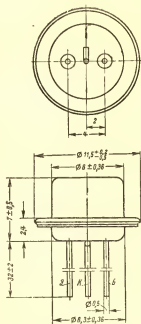


Рис. 15-13. Габаритные
размеры транзисторов
1Т308А, 1Т308В, 1Т308Г.

Электрические параметры

Наименование параметров	Тип транзистора						Режим измерения				
	1Т308А		1Т308Б		1Т308В		1Т308Г				
	1	2	1	2	1	2	1	2			
Коэффициент усиления по току B_1	$\begin{Bmatrix} 25 \\ 15 \\ - \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 75 \\ - \\ 200 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 50 \\ 30 \\ - \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 120 \\ - \\ 360 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 80 \\ 45 \\ - \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 150 \\ - \\ 450 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 100 \\ 70 \\ - \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 300 \\ - \\ 800 \end{Bmatrix}$	1 1 1	на коллек- торе $U_{к.э}$, в	Температу- ра окружа- ющей сре- ды $t_{окр}$, °С
Предельная частота уси- ления по току $f_{д. МГц}$	150	—	150	—	200	—	200	—	5	—	—
Обратный ток коллектора $I_{к0}$, мкА	$\begin{Bmatrix} 0.1 \\ 0.4 \\ - \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 2 \\ 5 \\ 90 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 0.1 \\ 0.4 \\ - \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 2 \\ 5 \\ 90 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 0.1 \\ 0.4 \\ - \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 2 \\ 5 \\ 90 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 0.1 \\ 0.4 \\ - \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 2 \\ 5 \\ 90 \end{Bmatrix}$	5 15 10	—	—
Обратный ток эмиттера $I_{э0}$, мкА	0.01	50	0.01	50	0.01	50	0.01	50	—	—	—
Начальный ток коллекто- ра $I_{к.н}$ мкА	0.6	50	0.6	50	0.6	50	0.6	50	—	—	—
Входное сопротивление в схеме с общим эмит- тером на частоте 270 гц, Ом	170	1 200	270	1 500	300	1 500	600	2 000	5	—	—
Выходная проводимость h_{21} в схеме с общим эмиттером на частоте 270 гц, мкА	30	180	50	130	80	200	80	200	5	—	—

Время включения $\tau_{\text{вк}}$ мксек ^а	0,06	0,09	0,07	0,13	0,08	0,15	0,1	0,25	—	+20
Время выключения $\tau_{\text{вык}}$ мксек ^а	0,45	1,0	0,45	1,0	0,45	1,0	0,65	1,3	—	+20
Постоянная времени цепи обратной связи на высокой частоте $r'_b C_k$, псек	500	400	500	400	100	500	100	500	—	+20
Модуль коэффициента усиления по току $ B $ на частоте 20 МГц . . .	4,5	—	6,0	—	6,0	—	6,0	—	—	—
Частота генерации $f_{\text{макс}}$, МГц	90	—	120	—	120	—	120	—	—	—

^а Значения приведены при токе коллектора $I_K = 10$ ма.

^б Значения приведены при токе эмиттера $I_3 = 5$ ма.

^в Значения приведены при напряжении эмиттер—база $U_{эб}$ соответственно 2 и 3 в.

^г Значения приведены при напряжении коллектор—эмиттер $U_{кэ} = 12$ в и $R_{бэ} = 0$.

^д Значения приведены при токе коллектора $I_K = 20$ ма, $E_K = -60$ в, $K_H = 2$ и $\tau_H = 10$ мксек.

Примечания: 1. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.

2. Графы 1, 2 обозначают наименьшее, наибольшее значения соответственно.

Предельные эксплуатационные данные

Ток коллектора 50 *ма*.

Ток коллектора в импульсе (при длительности импульса не более 5 *мксек*) 120 *ма*.

Напряжение коллектор — база при токе эмиттера, равном нулю, 20 *в*.

Импульсное напряжение коллектор — база (при токе эмиттера, равном нулю, и длительности импульса не более 1 *мксек*) 30 *в*.

Напряжение коллектор — эмиттер:

при коротком замыкании эмиттера с базой —15 *в*;

при внешнем сопротивлении между базой и эмиттером в 1 *ком* — 12 *в*;

при запирающем напряжении на базе—15 *в*.

Мощность рассеяния на коллекторе 150 *мвт*.

Мгновенное значение мощности рассеивания на коллекторе 360 *мвт* при длительности импульса не более 5 *мксек*.

В температурном интервале от +45 до +70° С мощность рассеивания на коллекторе рассчитывается по формуле

$$P_{\text{макс}} = \frac{85 - t_c^{\circ}\text{C}}{0,25}.$$

При давлении окружающей среды 5 *мм рт. ст.* величины мощности рассеивания снижаются на 30%.

Диапазон рабочих температур от —60 до +70° С.

Температура перехода +85° С.

Давление окружающего воздуха от 5 *мм рт. ст.* до 2 *ат*.

Относительная влажность при температуре +40±5° С 95—98%.

Вибрационные нагрузки в диапазоне частот от 5 до 2 500 гц с ускорением до 15 g.

Предельные данные даны при температуре окружающей среды от -60 до $+45^{\circ}\text{C}$.

Указания по эксплуатации

Пайка выводов допускается на расстоянии не менее 5 мм от корпуса паяльником мощностью не более 50 вт в течение 2—3 сек.

Разрешается производить пайку выводов путем погружения в припой на расстоянии не менее 5 мм от корпуса транзистора на время не более 10 сек.

Изгиб выводов допускается на расстоянии не менее 5 мм от корпуса.

При эксплуатации в условиях механического воздействия с ускорением свыше 2 g транзисторы необходимо крепить за корпус.

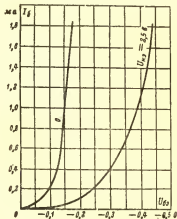


Рис. 15-14. Типовые входные характеристики транзистора 1Т308А в схеме с общим эмиттером при температуре $+20 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

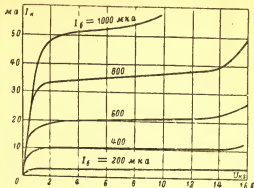


Рис. 15-15. Типовые выходные характеристики в схеме с общим эмиттером транзистора IT308A при температуре $+20 \pm 5^\circ \text{C}$.

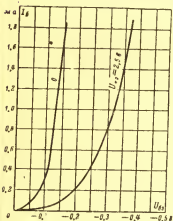


Рис. 15-16. Типовые входные характеристики транзистора IT308B в схеме с общим эмиттером при температуре $+20 \pm 5^\circ \text{C}$.

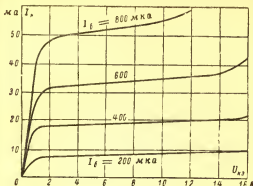
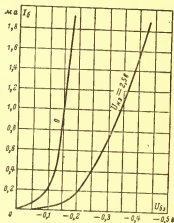


Рис. 15-17. Типовые выходные характеристики в схеме с общим эмиттером транзистора 1Т308Б при температуре $+20 \pm 5^\circ C$.

Рис. 15-18. Типовые входные характеристики транзистора 1Т308В в схеме с общим эмиттером при температуре $+20 \pm 5^\circ C$.



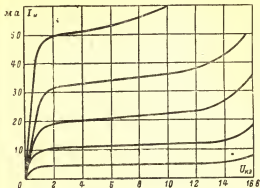


Рис. 15-19. Типовые выходные характеристики транзистора 1Т308В в схеме с общим эмиттером при температуре $+20 \pm 5^\circ \text{C}$.

Верхняя кривая для $I_b = 250 \text{ мкА}$, а нижняя для $I_b = 50 \text{ мкА}$

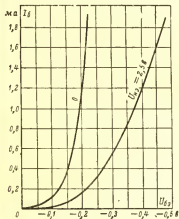


Рис. 15-20. Типовые входные характеристики транзистора 1Т308Г в схеме с общим эмиттером при температуре $+20 \pm 5^\circ \text{C}$.

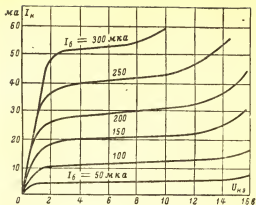


Рис. 15-21. Типовые выходные характеристики транзистора 1Т308Г в схеме с общим эмиттером при температуре $+20 \pm 5^\circ \text{C}$.

15-6. Транзисторы кремниевые диффузионные 2Т301, 2Т301А, 2Т301Б, 2Т301В, 2Т301Г, 2Т301Д, 2Т301Е, 2Т301Ж

n-p-n

Предназначены для работы в радиоэлектронной аппаратуре для усиления и генерирования электрических колебаний на частотах до 60 Мгц.

Транзисторы конструктивно оформлены в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и имеют гибкие выводы.

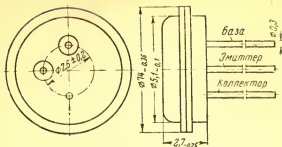


Рис. 15-22. Габаритный чертеж транзисторов 2Т301—2Т301Ж.

Электрические

Наименование параметров	Тип					
	2Т301		2Т301А		2Т301Б	
	1	2	1	2	1	2
Коэффициент усиления по току B	20	60	40	120	10	32
Предельная частота генерации $f_{\text{макс}}$, Мгц	30	—	30	—	30	—
Обратный ток коллектора I_{K0} , мка	—	40	—	40	—	40
Обратный ток эмиттера $I_{Э0}$, мка ²	—	200	—	200	—	200
Выходная проводимость h_{22} , мс	—	50	—	50	—	50
Емкость коллектора C_K , пф. при $f = 5$ Мгц	—	$3 \cdot 10^{-6}$	—	$3 \cdot 10^{-6}$	—	$3 \cdot 10^{-6}$
	—	10	—	10	—	10

¹ Значения приведены при токе эмиттера $I_Э = 3$ ма и частоте

² При напряжении $U_{ЭБ} = 3$ в.

Примечания: 1. Жирным шрифтом выделены классы.
2. Графы 1, 2 обозначают наименьшее, наибольшее значения.

Пределные эксплуатационные данные

Мощность, рассеиваемая на коллекторе при температуре корпуса до $+60^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{к}} = 150 \text{ мвт}$.

Мощность, рассеиваемая на коллекторе при температуре корпуса от $+60$ до $+120^{\circ}\text{C}$, рассчитывается по формуле

$$P_{\text{к, макс}} = \frac{150 - t_{\text{с}}}{0,6}, \text{ мвт},$$

где $t_{\text{с}}$ — температура корпуса, $^{\circ}\text{C}$.

Напряжение коллектор — база $U_{\text{к. б}}$ в интервале температур от -60 до $+120^{\circ}\text{C}$:

параметры

транзистора										Режим измерения	
2Т301В		2Т301Г		2Т301Д		2Т301Е		2Т301Ж		Напряжение на коллекторе $U_{\text{к. б}}$, в	Температура $t_{\text{с}}$, $^{\circ}\text{C}$
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
20	60	10	32	20	60	40	120	80	—	10	$+20$
30	—	60	—	60	—	60	—	60	—	10	$+20$
—	40	—	40	—	40	—	40	—	40	20	$+20$
—	200	—	200	—	200	—	200	—	200	10	$+120$
—	50	—	50	—	50	—	50	—	50	—	$+20$
—	$3 \cdot 10^{-6}$	—	$3 \cdot 10^{-6}$	—	$3 \cdot 10^{-6}$	—	$3 \cdot 10^{-6}$	—	$3 \cdot 10^{-6}$	10	$+20$
—	10	—	10	—	10	—	10	—	10	10	$+20$

$f = 0,001 \text{ Мгц}$.

сификационные параметры,
чения соответственно.

для транзисторов 2Т301, 2Т301А, 2Т301Г, 2Т301Е, 2Т301Ж, 2Т301Д 20 в, для транзисторов 2Т301Б, 2Т301В 30 в.

Напряжение коллектор — эмиттер при короткозамкнутых выводах эмиттера и базы $U_{кз}$:

для транзисторов 2Т301, 2Т301А, 2Т301Г, 2Т301Д, 2Т301Е, 2Т301Ж 20 в,

для транзисторов 2Т301Б, 2Т301В 30 в.

Обратное напряжение эмиттер — база $U_{эб}$, обр в интервале температур от -60 до $+120^\circ\text{C}$ 3 в.

Ток эмиттера $I_э = 10$ ма.

Ток базы $I_б = 10$ ма.

Максимальная температура корпуса $\nrightarrow 120^\circ\text{C}$, пере-
хода $\nrightarrow 150^\circ\text{C}$.

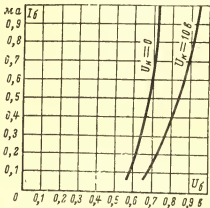


Рис. 15-23. Входные характеристики транзисторов 2Т301А—2Т301Е при температуре $+20^\circ\text{C}$ в схеме с общим эмиттером.

Указания по эксплуатации

Рекомендуется при эксплуатации транзистора учитывать возможность его самовозбуждения как высокочастотного элемента с большим коэффициентом усиления.

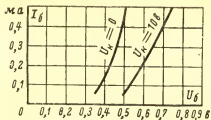


Рис. 15-24. Входные характеристики транзисторов 2Т301А—2Т301Е при температуре $+120^\circ\text{C}$ в схеме с общим эмиттером.

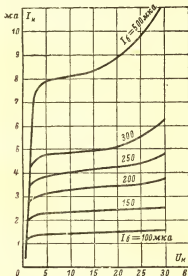


Рис. 15-25. Выходные характеристики транзисторов 2Т301А—2Т301Е при температуре $+20^\circ\text{C}$ в схеме с общим эмиттером.

Пайка выводов допускается на расстоянии не менее 5 мм от корпуса транзистора.

Пайку производить паяльником мощностью 50—60 Вт в течение не более 10 сек.

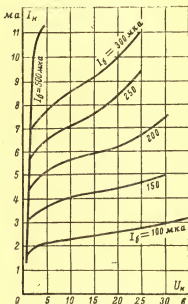


Рис. 15-26. Выходные характеристики транзисторов 2Т301А—2Т301Е при температуре $+120^\circ\text{C}$ в схеме с общим эмиттером.

При эксплуатации транзисторов в условиях механических воздействий транзисторы необходимо крепить за корпус.

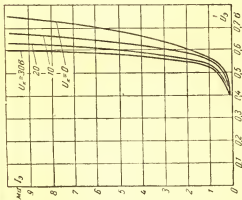


Рис. 15-27. Входные характеристики транзисторов 2Т301А—2Т301Е при температуре $+20^{\circ}\text{C}$ в схеме с общей базой.

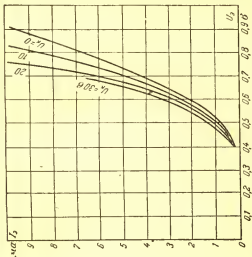


Рис. 15-28. Входные характеристики транзисторов 2Т301А—2Т301Е при температуре $+120^{\circ}\text{C}$ в схеме с общей базой.

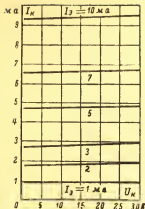


Рис. 15-29. Выходные характеристики транзисторов 2Т301А—2Т301Е при температуре $+20^{\circ}\text{C}$ в схеме с общей базой.

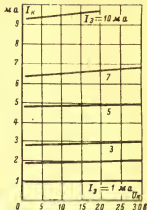


Рис. 15-30. Выходные характеристики транзисторов 2Т301А—2Т301Е при температуре $+120^{\circ}\text{C}$ в схеме с общей базой.

15-7. Транзисторы кремниевые диффузионные П504, П504А, П505, П505А

n-p-n

Транзисторы предназначены для работы в усилительных и генераторных схемах радиоэлектронных устройств.

Выпускаются в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и гибкими выводами.

Вес транзистора не более 2 г.

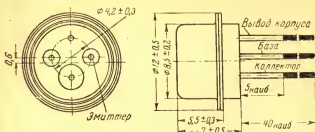


Рис. 15-31. Габаритный чертеж транзисторов П504—П505А.

Электрические параметры транзисторов

Параметры	Типы транзисторов			
	П504	П504А	П505	П505А
Коэффициент усиления по току B при $I_B = 5$ ма; $U_{КЭ} = 10$ в; $f = 50-1\,000$ гц и температурах: +20° С +120° С -60° С	10-35 10-105 —	25-80 25-240 10-80	40-150 40-450 16-150	20-60 20-180 8-60
Модуль коэффициента усиления по току $ B $ при $I_B = 5$ ма; $U_{КЭ} = 10$ в; $f = 20$ Мгц; $t_C = +20°$ С	>2,5	>2,5	>4,7	>4,7
Максимальное напряжение на коллекторе $U_{К.макс.}$ в	30	30	20	20

Обратный ток коллектора $I_{К0}$ при $U_{К} =$

$= 30$ в ≤ 2 мка

Обратный ток эмиттера $I_{Э0}$ при $U_{Э} =$

$= 20$ в ≤ 20 мка

Емкость коллектора C_K при $U_{К} = 10$ в;

$I_{Э} = 0$; $f = 1$ Мгц ≤ 7 пф

Выходная проводимость h_{22} при $U_K =$
 $= 10$ в; $f = 50 - 1\,000$ гц; $I_2 = 5$ ма ≤ 2 мкмо

Предел ьные эксплуатационные данные

Диапазон рабочих температур . . . от -60 до $+120^\circ\text{C}$

Мощность, рассеиваемая транзистором при t_c до $+60^\circ\text{C}$ $= 150$ мвт

Максимальная рассеиваемая мощность для температур от $+60$ до $+120^\circ\text{C}$ определяется по формуле

$$P_{\text{макс}} = \frac{150 - t_c}{0,6}, \text{ мвт.}$$

Напряженне эмиттер — база ≤ 2 в

Ток коллектора в режиме усиления ≤ 10 ма

Ток коллектора в режиме переключения . . . ≤ 20 ма

Минимальная температура окружающей среды -20°C

Максимальная температура окружающей среды $+120^\circ\text{C}$

Относительная влажность окружающей среды при $t_c = +40^\circ\text{C}$ 95—98%

Транзисторы выдерживают воздействие постоянных и ударных ускорений до 150 g,

одиночных ударов с ускорением до 500 g,

вибрационных ускорений в диапазоне частот от 5 до 2 000 гц до 15 g.

Срок службы транзисторов не менее 10 000 ч.

Указания по эксплуатации

При монтаже транзисторов в аппаратуре пайка должна производиться паяльником мощностью 50—60 вт в течение 10 сек на расстоянии не менее 5 мм от корпуса.

Пайку погружением следует производить в течение не более 10 сек.

Температура припоя должна быть не выше $+260^\circ\text{C}$. Расстояние места погружения от корпуса не менее 5 мм.

Изгиб выводов может производиться на расстоянии не менее 5 мм от корпуса. При этом вывод между местом изгиба и стеклянным изолятором должен быть неподвижным.

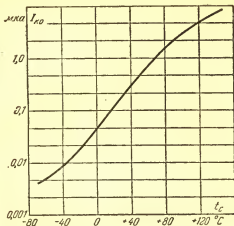


Рис. 15-32. Усредненная зависимость обратного тока коллектора от температуры окружающей среды для транзисторов П1504 — П1505А.

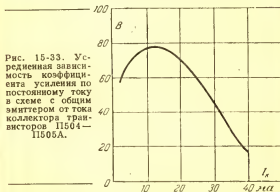


Рис. 15-33. Усредненная зависимость коэффициента усиления по постоянному току в схеме с общим эмиттером от тока коллектора транзисторов П1504 — П1505А.

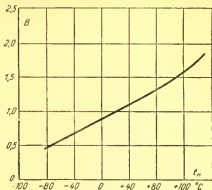


Рис. 15-34. Усредненная зависимость относительного коэффициента усиления по току на низкой частоте в схеме с общим эмиттером от температуры окружающей среды транзисторов П504—П505А.

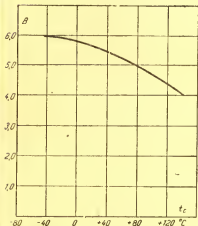


Рис. 15-35. Усредненная зависимость коэффициента усиления по току на частоте 20 Мгц в схеме с общим эмиттером от температуры окружающей среды транзисторов П504—П505.

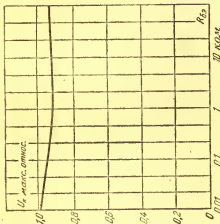


Рис. 15-36. Усредненная зависимость предельного напряжения коллектора от сопротивления в цепи база — эмиттер транзисторов П504 — П505А при температуре окружающей среды $+20^{\circ}\text{C}$.

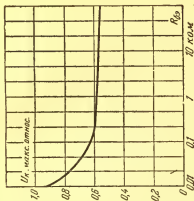


Рис. 15-37. Усредненная зависимость предельного напряжения коллектора от сопротивления в цепи база — эмиттер транзисторов П504 — П505А при температуре окружающей среды $+120^{\circ}\text{C}$.

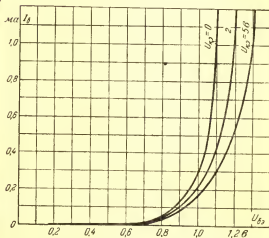


Рис. 15-38. Входные характеристики транзисторов П504—П505А.

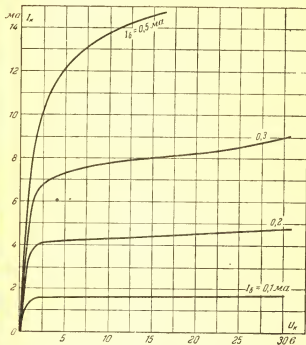


Рис. 15-39. Выходные характеристики транзисторов П504—П505А.

15-8. Транзисторы германиевые диффузионные 1Т303А, 1Т303Б, 1Т303В, 1Т303Г, 1Т303Д, 1Т303Е

п-р-п

Транзисторы выпускаются в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и гибкими выводами.

Транзисторы предназначены для работы в высокочастотных переключающих и усилительных схемах радиоэлектронных устройств.

Вес транзистора не более 2,5 г.

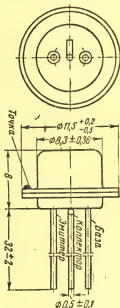


Рис. 15-40. Габаритный чертеж транзисторов 1Т303А—1Т303Е.

Электрические параметры транзисторов

Параметры	Тип транзистора				
	1Т303А	1Т303Б	1Т303В	1Т303Г	1Т303Д
Коэффициент усиления по току В при $U_{кб}=5$ в; $I_g = 5$ ма; $f =$ $= 1\ 000$ гц; $R_6 = 100-3\ 000$ ом; при $t_c = +20^\circ\text{C}$ при $t_c = +70^\circ\text{C}$ при $t_c = -60^\circ\text{C}$	15-50 ≤ 80 > 7.5	30-80 ≤ 144 > 15	60-160 ≤ 320 > 30	15-50 ≤ 80 > 7.5	30-80 ≤ 144 > 15
					60-160 ≤ 320 > 30
Модуль коэффициента усиления по току $ B $ при $U_{кб}=5$ в; $I_g = 5$ ма; $f = 20$ Мгц; $R_6 = 39$ ом; $R_k =$ $= 13$ ом; $t_c = +20^\circ\text{C}$	> 1.8	> 1.8	> 1.8	> 3.6	> 3.6

Обратный ток коллектора $I_{к0}$:

при $U_{кб}=12$ в; $t_c = +20^\circ \text{C}$	≤ 6 мка
$t_c = +70^\circ \text{C}$	≤ 100 мка
при $U_{кб} = 15$ в; $t_c = +20^\circ \text{C}$	≤ 8 мка

Обратный ток эмиттера $I_{э0}$

при $U_{эб} = 1,6$ в; $t_c = +20^\circ \text{C}$	≤ 100 мка
--	----------------

Напряжение коллектор — эмиттер в режиме насыщения $U_{к.н}$

при $I_э = 50$ ма; $R_к = 340$ ом; $t_c = +20^\circ \text{C}$	≤ 3 в
---	------------

Напряжение база — эмиттер в режиме насыщения $U_{б.н}$

при $I_э = 50$ ма; $R_к = 340$ ом; $t_c = +20^\circ \text{C}$	≤ 2 в
---	------------

Напряжение U_* коллектора, при котором наступает переворот фазы базового тока

при $U_{кб} = 10$ в; $I_э = 5$ ма, $f = 5$ кГц; $R_б = 1\,000$ ом; $\tau_и = 1$ мсек; $t_c = +70^\circ \text{C}$	≥ 10 в
---	-------------

Емкость коллектора $C_к$

при $U_{кб} = 5$ в; $f = 5$ МГц; $t_c = +20^\circ \text{C}$	≤ 10 пф
---	--------------

Емкость эмиттера $C_э$

при $U_{эб} = 0$; $f = 5$ МГц; $t_c = +20^\circ \text{C}$	≤ 60 пф
--	--------------

Время рассасывания τ_p

при $I_э = 50$ ма; $f = 5$ кГц; $R_б = 5\,100$ ом; $R_к = 140$ ом; $\tau_и = 5$ мсек	≤ 1 мсек
---	---------------

Постоянная времени цепи обратной связи

на высоких частотах $r'_б C_к$ при $U_{кб} = 5$ в; $I_э = 5$ ма; $f = 5$ МГц	$\leq 1\,000$ псек
---	--------------------

Предельные режимы транзисторов
в диапазоне температур
от -60 до $+70^\circ \text{C}$

Мощность, рассеиваемая на коллекторе
транзистора, $P_{к. макс}$

при температуре от -60 до $+40^\circ \text{C}$. .	100 мвт
--	---------

Мощность, рассеиваемая на коллекторе
транзистора

при температуре от $+40$ до $+70^{\circ}\text{C}$, определяется по формуле

$$P_{\text{к. макс}} = \frac{80 - t_c}{0,4}, \text{ мвт.}$$

При понижении давления до 5 мм рт. ст. величина предельной мощности снижается на 30%.

Обратное напряжение эмиттер — база $U_{эб} \leq 1,6 \text{ в}$

Напряжение коллектор — база $U_{кб, \text{ макс}} \dots \leq 12 \text{ в}$

Напряжение коллектор — эмиттер при сопротивлении в цепи базы не более 1 000 ом

$U_{кэ, \text{ макс}} \dots \dots \dots \leq 10 \text{ в}$

Импульсное напряжение коллектор — эмиттер

при $\tau_{и} \leq 100 \text{ мксек}$ $U_{кэ, \text{ имп, макс}} \dots \dots \leq 15 \text{ в}$

Ток коллектора $I_{к, \text{ макс}} \dots \dots \dots \leq 15 \text{ ма}$

Ток коллектора в импульсе при $\tau_{и} \leq 100 \text{ мксек} \leq 120 \text{ ма}$

Минимальная температура окружающей среды -60°C

Максимальная температура окружающей среды $+70^{\circ}\text{C}$

Относительная влажность окружающей среды

при $t_c = +40^{\circ}\text{C} \dots \dots \dots 95 - 98\%$

Транзисторы выдерживают воздействие постоянных и ударных ускорений до 150 g, одиночных ударов с ускорением до 500 g и вибрационных ускорений до 15 g в диапазоне частот от 5 до 2 000 гц.

Срок службы транзисторов не менее 10 000 ч.

Указания по эксплуатации

При эксплуатации транзисторов в условиях механических ускорений более 2 g их необходимо жестко крепить за корпус.

При включении транзистора в электрическую цепь, находящуюся под напряжением, коллекторный вывод должен присоединяться последним и отключаться первым.

При монтаже транзисторов в аппаратуру пайка должна производиться паяльником мощностью 50—60 вт в течение 10 сек на расстоянии не менее 5 мм от корпуса транзистора.

Пайку погружением следует производить в течение 2—3 сек. Температура припоя должна быть не выше

+260° С. Расстояние места погружения вывода от корпуса не менее 5 мм. Изгиб выводов может производиться на расстоянии не менее 5 мм от корпуса. При этом вывод между местом изгиба и стеклянным изолятором должен быть неподвижным.

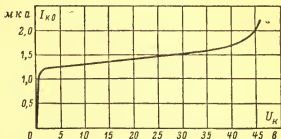


Рис. 15-41. Типовая зависимость обратного тока коллектора от напряжения коллектор — база транзисторов 1Т303А—1Т303Е.

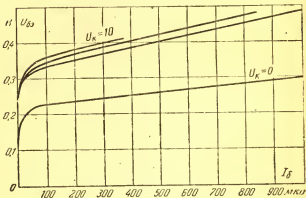


Рис. 15-42. Типовые входные характеристики транзисторов 1Т303А—1Т303Е в схеме с общим эмиттером.

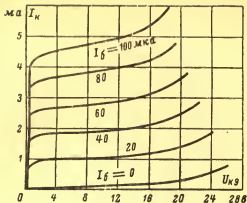


Рис. 15-43. Типовые выходные характеристики транзисторов 1Т303А—1Т303Е в схеме с общим эмиттером.

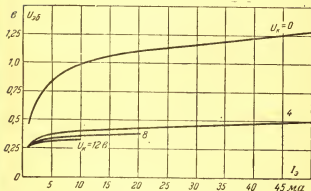


Рис. 15-44. Типовые входные характеристики транзисторов 1Т303А—1Т303Е в схеме с общей базой.

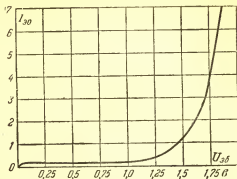


Рис. 15-45. Типовая зависимость обратного тока ($\mu\text{ка}$) эмиттера от напряжения эмиттера транзисторов 1Т303А—1Т303Е.

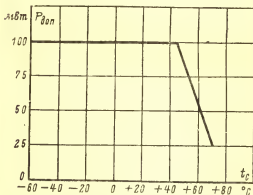


Рис. 15-46. Зависимость предельной мощности от температуры окружающей среды.

15-9. Транзисторы германиевые диффузионные ГТ309А,
ГТ309Б, ГТ309В, ГТ309Г, ГТ309Д, ГТ309Е

p-n-p

Транзисторы предназначены для работы в усилительных и генераторных схемах миниатюрных радиоэлектронных устройств.

Транзисторы выпускаются в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и гибкими выводами.

Вес транзистора не более 0,5 г.

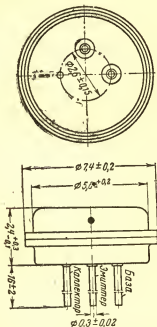


Рис. 15-47. Габаритный чертеж транзисторов ГТ309А—ГТ309Е.

Электрические параметры транзисторов

Параметры	Типы транзисторов					
	ГТ309А	ГТ309Б	ГТ309В	ГТ309Г	ГТ309Д	ГТ309Е
Модуль коэффициента усиления по току $ B $ при $I_B = 5$ ма; $U_K = -5$ в; $f = 20$ Мгц; $t_C = +20^\circ\text{C}$, не менее	6	6	4	4	2	2
Коэффициент усиления по току В при $I_B = 1$ ма; $U_K = -5$ в; $f = 50 - 1000$ гц: $t_C = +20^\circ\text{C}$ $t_C = +55^\circ\text{C}$ $t_C = -20^\circ\text{C}$	20—70 20—140 16—70	60—180 60—360 30—180	20—70 20—140 16—70	60—180 60—360 30—180	20—70 20—140 16—70	60—180 60—360 30—180
Коэффициент шума $F_{ш}$, дБ при $I_B = 1$ ма; $U_K = -5$ в; $f = 8$ кГц; $t_C = +20^\circ\text{C}$	—	10	—	10	—	—

Обратный ток коллектора $I_{к0}$ при $I_3 = 0$;

$U_k = -5$ в;

$t_c = +20^\circ \text{C}$ < 5 мка

$t_c = +55^\circ \text{C}$ < 120 мка

$t_c = -20^\circ \text{C}$ < 5 мка

Емкость коллектора C_k при $I_3 = 0$; $U_k =$

$= -5$ в; $f = 5$ Мгц; $t_c = +20^\circ \text{C}$ < 10 пф

Постоянная времени цепи обратной связи

$\tau_{\sigma} C_k$ при $I_3 = 5$ ма; $U_k = -5$ в; $f =$
 $= 5$ Мгц $t_c = +20^\circ \text{C}$ < 500 псек

Выходная проводимость h_{22} при $I_3 = 5$ ма;

$U_k = -5$ в; $f = 50-1000$ гц; $t_c = +20^\circ \text{C}$ 5 мкмо

Предельные режимы транзисторов в диапазоне температур от -20 до $+55^\circ \text{C}$

Мощность, рассеиваемая транзистором при
температуре от -20 до $+20^\circ \text{C}$, $P_{\text{макс}}$ 50 мвт

При повышении температуры от $+20$ до
 $+55^\circ \text{C}$ максимальная предельная мощ-
ность снижается на 5 мвт на каждые
 10°C

Напряженне коллектор—эмиттер при со-
противлении в цепи базы не более 1 ком

$U_{кэ, \text{ макс}}$ 10 в

Ток коллектора $I_{к, \text{ макс}}$ 10 ма

Максимальная температура перехода
 $t_{п, \text{ макс}}$ $+ 70^\circ \text{C}$

Минимальная температура окружающей
среды $- 20^\circ \text{C}$

Максимальная температура окружающей
среды $+ 55^\circ \text{C}$

Относительная влажность окружающей
среды при температуре $+40^\circ \text{C}$ 95—98%

Транзисторы выдерживают воздействие вибрацион-
ных ускорений до 3 g в диапазоне частот от 10 до 70 гц
и ударных ускорений до 15 g.

Срок службы транзисторов не менее 5 000 ч.

При включении транзисторов в электрическую цепь, находящуюся под напряжением, базовый контакт должен присоединяться первым и отключаться последним.

При монтаже транзисторов в аппаратуре пайка должна производиться паяльником мощностью 50—60 *вт* в течение 10 *сек* на расстоянии не менее 5 *мм* от корпуса.

Изгиб выводов может производиться на расстоянии не менее 5 *мм* от корпуса. При этом выводы между местом изгиба и стеклянным изолятором должны быть неподвижны.

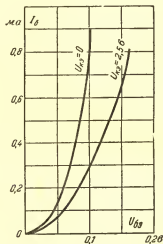


Рис. 15-48. Усредненные входные характеристики транзисторов ГТ309А—ГТ309Е в схеме с общим эмиттером при температуре окружающей среды $+20^{\circ}\text{C}$.

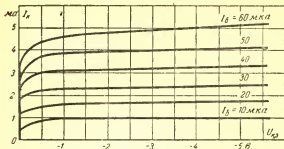


Рис. 15-49. Выходные характеристики транзисторов ГТ309А—ГТ309Е в схеме с общим эмиттером.

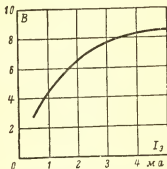


Рис. 15-50. Зависимость коэффициента усиления по току от тока эмиттера на частоте 20 МГц транзисторов ГТ309А—ГТ309Е.

15-10. Транзисторы германиевые диффузионно-сплавные ГТ310А, ГТ310Б, ГТ310В, ГТ310Г, ГТ310Д, ГТ310Е

p-n-p

Предназначены для применения в миниатюрных радиоэлектронных устройствах.

Транзисторы выпускаются в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и гибкими выводами.

Вес транзистора не более 0,1 г.

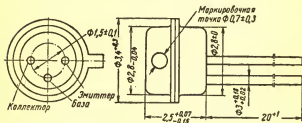


Рис. 15-51. Габаритный чертеж транзисторов ГТ310А÷ГТ310Е.

Классификационные электрические параметры

Параметры	Типы транзисторов					
	ГТ310А	ГТ310Б	ГТ310В	ГТ310Г	ГТ310Д	ГТ310Е
Модуль коэффициента усиления по току при $I_3 = 5$ ма, $U_k = -5$ в, $f = 20$ Мгц, $ B $, не менее	8	8	6	6	4	4

Параметры	Типы транзисторов					
	ГТ310А	ГТ310В	ГТ310В	ГТ310Г	ГТ310Д	ГТ310Е
Коэффициент усиления по току при $I_3 = 1$ ма; $U_k = -5$ в, В	20—70	60—180	20—70	60—180	20—70	60—180
Коэффициент шума при $I_3 = 1$ ма, $U_k = -5$ в, $f = 1,6$ Мгц, $F_{ш}$ дБ . . .	3	3	4	4	4	4
Емкость коллектора при $U_k = -5$ в, $f = 5$ Мгц, C_k , пф, не более . . .	4	4	5	5	5	5
Постоянная времени обратной связи при $I_3 = 5$ ма, $U_k = -5$ в, $f = 5$ Мгц, $r_6 C_k$, псек	300	300	300	300	500	500

Электрические параметры

Обратный ток коллектора при $U_k = -5$ в, I_{k0} , не более:

при температуре $+20^\circ\text{C}$ 5 мка
при температуре $+55^\circ\text{C}$ 120 мка

Входное сопротивление при $I_3 = 1$ ма, $U_k = -5$ в, h_{11} , не более 38 ом

Предельные эксплуатационные режимы транзисторов при температуре от -20 до $+55^\circ\text{C}$

Максимальная мощность, рассеиваемая транзистором при температуре до $+30^\circ\text{C}$, $P_{\text{макс}}$ 20 мвт
Максимальный ток коллектора, $I_{k, \text{макс}}$ 10 ма

Напряжение коллектор—эмиттеры	
при $R_{\text{сз}} = 10 \text{ ком}$	10 в
при $R_{\text{сз}} = 200 \text{ ком}$	6 в
Напряжение коллектор—база $U_{\text{кб, макс}}$. . .	12 в
Максимальная температура перехода . . .	+75° С
Рабочая температура транзистора	От — 20 до +55° С
Относительная влажность при температуре	
+ 40°С	95—98%
Ударные ускорения	До 15 g
Вибрационные ускорения в диапазоне ча- стот от 10 до 70 гц	До 3 g

При температуре свыше + 30° С мощность определяется по формуле:

$$P_{\text{макс}} = \frac{t_{\text{пер}} - t_0}{2}, \text{ ват.}$$

Срок службы транзисторов не менее 5 000 ч.

Указания по эксплуатации

При включении транзисторов в схему, находящуюся под напряжением, базовый вывод должен присоединяться первым и отключаться последним. При монтаже транзисторов в схему пайка должна производиться на расстоянии не менее 5 мм от корпуса транзистора паяльником мощностью 50 — 60 вт в течение 10 сек. При этом должны быть приняты меры, исключающие возможность перегрева транзистора.

Изгиб выводов транзистора допускается на расстоянии не менее 5 мм от корпуса, при этом часть вывода между местом изгиба и корпусом должна быть неподвижной, чтобы не произошло нарушения спая вывода со стеклянным изолятором, ведущего к потере герметичности транзистора.

РАЗДЕЛ ШЕСТНАДЦАТЫЙ
**ТРАНЗИСТОРЫ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ
 СРЕДНЕЧАСТОТНЫЕ**

**16-1. Транзисторы германиевые конверсионные П601,
 П601А, П601Б, П602, П602А**

p-n-p

Предназначены для работы в качестве мощных высокочастотных усилителей, генераторов и в импульсных устройствах.

Транзисторы конструктивно оформлены в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и гибкими выводами.

Вес транзистора не более 15,7 г.

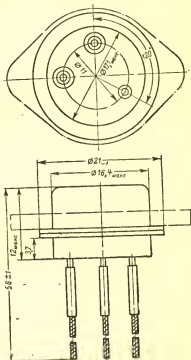


Рис. 16-1. Габаритный чертеж транзисторов П601—П602А.

Слева вывод эмиттера, в центре—базы.

Пределные эксплуатационные данные

Ток коллектора 1 а.

Обратное напряжение эмиттер — база при температуре корпуса до $+70^{\circ}\text{C}$ $\pm 0,5$ в.

Мощность, рассеиваемая на коллекторе без дополнительного теплоотвода при температуре окружающей среды $+20 \pm 5^{\circ}\text{C}$, 1 вт.

Мощность, рассеиваемая на коллекторе при наличии дополнительного теплоотвода с поверхностью 300 см^2 и толщиной 5 мм (материал алюминий) при температуре окружающей среды $+20 \pm 5^{\circ}\text{C}$, 5 вт.

Тепловое сопротивление не более 2 град/вт.

Напряжение коллектор — база 25 в *; 30 в.

Напряжение коллектор — эмиттер (при сопротивлении в цепи базы не более 500 ом) 25 в*; 30 в.

Диапазон рабочих температур от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$.

Температура перехода $+85^{\circ}\text{C}$.

Давление окружающего воздуха от 5 мм рт. ст. до 2 ат.

Относительная влажность при температуре $+40 \pm 5^{\circ}\text{C}$ от 95 до 98%.

Вибрационные нагрузки в диапазоне частот от 5 до 2 000 гц с ускорением 12 g.

Срок службы не менее 5 000 ч.

Указания по эксплуатации

Пайка выводов допускается на расстоянии не менее 20 мм от корпуса транзистора в течение не более 10 сек паяльником мощностью 50—60 вт.

* Для П601, П601В, П602А.

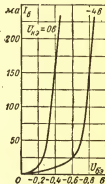


Рис. 16-2. Входные вольт-амперные характеристики транзисторов П601—П602А.

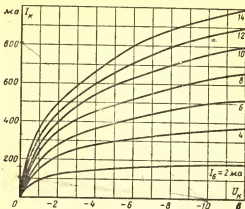


Рис. 16-3. Выходные вольт-амперные характеристики транзисторов П601—П602А в схеме с общим эмиттером.

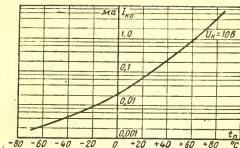


Рис. 16-4. Зависимость обратного тока коллектора от температуры перехода транзисторов П601—П602А.

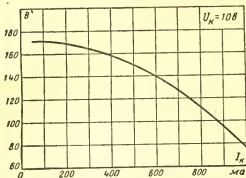


Рис. 16-5. Зависимость коэффициента усиления по постоянному току B от тока коллектора транзисторов П601Б, П602А.

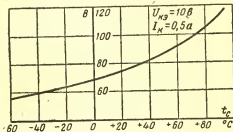


Рис. 16-6. Зависимость коэффициента усиления по постоянному току от температуры транзисторов П601—П602А.

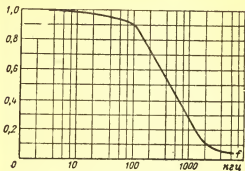


Рис. 16-7. Зависимость коэффициента усиления по току B от частоты. По вертикальной оси отношение коэффициента усиления на частоте к его значению на низкой частоте.

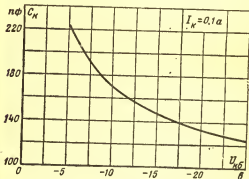


Рис. 16-8. Зависимость емкости коллектора от напряжения коллектора транзисторов П601—П602А.

16-2. Транзисторы германиевые конверсионные П605, П605А, П606, П606А

p-n-p

Предназначены для работы в быстродействующих импульсных схемах.

Транзисторы конструктивно оформлены в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и имеют гибкие выводы.

Вес транзистора не более 14 г.

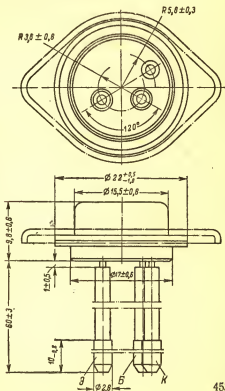


Рис. 16-9. Габаритный чертеж транзисторов П605 — П606А.

Электрические параметры

Наименование параметров	Тип транзистора				Режим измерения				
	П605		П605А		Ток коллектора I_K, a	Напряжение коллектор — база $U_{кб}, \text{в}$	Напряжение коллектора $U_K, \text{в}$	Сопротивление нагрузки $R_n, \text{ом}$	Температура окружающей среды $t_c, ^\circ\text{C}$
	1	2	1	2					
	20	60	50	120					
Коэффициент усиления по току β_1	{ 20	{ 20	20	120	0,5 1,5	—	—35 —35	64 18	+20 +20
Обратный ток коллектора $I_{к0}$. мА	{ —	{ 8	—	2 8	—	45 40	—	—	+20 +70
Обратный ток эмиттера $I_{э0}$. мА ¹	{ —	{ 1 2	—	1 2	—	—	—	—	+20 +70
Начальный ток коллектора $I_{к.н}$ мА ²	—	3	—	3	—	—	—	—	+20
Напряжение, при котором коэффициент усиления $\alpha=1$. в	35	—	35	—	—	35	—	—	+20
Напряжение между коллектором и эмиттером в режиме насыщения, в	—	2	—	2	0,5	—	—35	64	+20

Наименование параметров	Тип транзистора				Режим измерения				Температура окружающей среды $t_c, ^\circ\text{C}$
	П605		П605А		Ток коллектора I_K, a	Напряжение коллектор-база $U_{КБ}, \text{в}$	Напряжение коллектора $U_K, \text{в}$	Сопротивление нагрузки $R_H, \text{ом}$	
	1	2	1	2					
Время рассасывания $\tau_{\text{расс}}, \text{мксек}$	—	3	—	4	—	—	20	36	+20
Емкость коллектора $C_K, \text{пф} \dots$	—	130	—	130	—	20	—	—	+20
Постоянная времени цепи обратной связи $\tau_0 C_K, \text{нсек} \dots$	—	500	—	500	0,05	20	—	—	+20

1. Значение коэффициента усиления по току при температуре окружающей среды +70° С увеличивается на 50% относительно его значений при температуре +20° С, а при температуре -60° С уменьшается на 40%.

а При напряжении эмиттер-база $U_{эб}=1 \text{ в}$.

а При напряжении коллектор-эмиттер $U_{кз}=40 \text{ в}$ и сопротивлении между эмиттером и базой $R_{эб}=100 \text{ ом}$.

Примечания: 1. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.

2. Графы 1, 2 обозначают наименьшее, наибольшее значения соответственно.

Электрические параметры

Наименование параметров	Тип транзистора				Режим измерения				
	П606		П606А		Ток коллек- тора $I_{к. а}$	Напряжение коллектор — база $U_{кб. в}$	Напряжение на коллекто- ре $U_{к. в}$	Сопротивле- ние нагрузки $R_{н. ом}$	Температура окружающей среды $t_{с. °C}$
	1	2	1	2					
Коэффициент усиления по току* В . . .	{ 20 20	{ 60 —	{ 50 20	{ 120 —	0,5 1,5	—	20 20	34 8,7	—
Обратный ток коллектора $I_{к0}$, ма	{ —	{ 2 8	{ —	{ 8	—	35 30	—	—	+20 +70
Обратный ток эмиттера $I_{э0}$, ма	{ —	{ 1 2	{ —	{ 1 2	—	—	—	—	+20 +70
Начальный ток коллектора $I_{к. в}$, ма	—	3	—	3	—	—	—	—	+20
Напряжение, при котором коэффициент усиления $\alpha = 1$, в	20	—	20	—	—	20	—	—	+20
Напряжение между коллектором и эмитте- ром в режиме насыщения, в	{ —	{ 2 2	{ —	{ 2 2	0,5 —	—	20 —	34 —	+20 —60
Время рассасывания $\tau_{расс}$, мксек	—	3	—	4	—	—	20	36	+20

Наименование параметров	Тип транзистора				Режим измерения				
	П606		П606А		Ток коллек- тора $I_{к \cdot а}$	Напряжение коллектор- база $U_{кб \cdot в}$	Напряжение на коллекто- ре $U_{к \cdot в}$	Сопротивле- ние нагрузки $R_{н \cdot ом}$	Температура окружающей среды $t_c \cdot ^\circ C$
	1	2	1	2					
Емкость коллектора $C_k \cdot пф$	—	130	—	130	—	20	—	—	+ 20
Постоянная времени цепи обратной связи $\tau_0 C_k \cdot псек$	—	500	—	500	0.05	20	—	—	+ 20

* Значение коэффициента усиления по току при температуре окружающей среды +70° С увеличивается на 50% относительно его значений при температуре +20° С, а при температуре -60° С уменьшается на 40%.

Примечания: 1. При напряжении эмиттер-база $U_{эб} = 0,5 \text{ в.}$

2. При напряжении коллектор-эмиттер $U_{кэ} = 25 \text{ в}$ и сопротивлении между эмиттером и базой $R_{эб} = 100 \text{ ом.}$

3. При токе эмиттера $I_э = 300 \text{ мк.}$

4. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.

5. Графы 1, 2 обозначают наименьшее, наибольшее значения соответственно.

Таблица 3
Предельные эксплуатационные данные

Наименование параметров	Тип транзистора		Температура окружающей среды t_c , °C
	П605, П606,	П605А, П606А	
	Значения величин параметра		
Амплитуда импульса тока коллектора, а	{ 1,5 1,5	1,5 1,5	+ 20 + 70
Амплитуда импульса тока базы, а . . .	{ 0,5 0,5	0,5 0,5	+ 20 + 70
Напряжение коллектор—эмиттер при сопротивлении в цепи эмиттер—база, равном 1 000 ом, а	{ 40* 20*	25 15*	+ 20 + 70
Напряжение коллектор—эмиттер закрытого транзистора, а	45	35	+ 20
Напряжение на коллекторе, при котором коэффициент усиления меньше единицы, а	35	20	+ 20
Напряжение эмиттер—база, а	{ 1 1	0,5 0,5	+ 20 + 70
Мощность, рассеиваемая транзистором, Вт	0,5	0,5	+ 20
Средняя мощность, рассеиваемая транзистором с дополнительным теплоотводом размером 50×150×5 мм, Вт .	{ 3 0,5	3 0,5	+ 20 + 70
Температура перехода, °C	+85	+85	—

* Значения указаны при сопротивлении в цепи эмиттер — база 10 ом. Диапазон рабочих температур —60÷ +70° C. Относительная влажность при температуре +40° C до 98%.

Давление окружающего воздуха от 5 мм рт. ст. до 2 ат.

Вибрационные нагрузки в диапазоне частот от 5 до 2 000 гц с ускорением до 20 g.

Срок службы не менее 10 000 ч.

У к а з а н и я п о э к с п л у а т а ц и и

При эксплуатации транзисторов без теплоотвода при окружающей температуре выше $+20^{\circ}\text{C}$ предельная мощность рассеивания уменьшается на 0,16 вт при увеличении температуры на каждые 10°C .

При эксплуатации транзисторов в условиях окружающей температуры $+20 \pm 5^{\circ}\text{C}$, нормальном атмосферном давлении, рассеиваемой мощности 3 вт необходимо применять теплоотвод с общей площадью поверхности не менее 300 см^2 .

При более высокой окружающей температуре допустимая рассеиваемая мощность (при площади теплоотвода 300 см^2) рассчитывается по формуле

$$P_{\text{макс}} = \frac{85^{\circ}\text{C} - t_{\text{с}}}{30}, \text{ вт}$$

Пайка выводов допускается на расстоянии не менее 20 мм от корпуса транзистора. Транзисторы должны жестко крепиться за корпус.

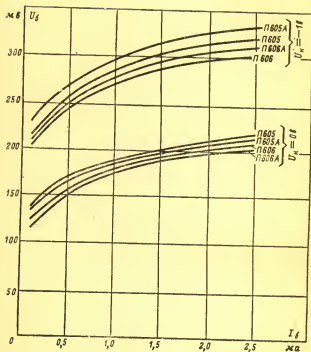


Рис. 16-10. Типовые входные характеристики зависимости напряжения базы от тока базы в схеме с общим эмиттером для транзисторов П605—П606А при температуре $+20 \pm 5^\circ \text{C}$.

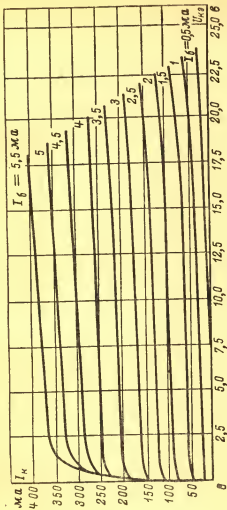


Рис. 16-11. Выходные характеристики в схеме с общим эмитером транзисторов П605—П606А при температуре $+20 \pm 5^\circ \text{C}$.

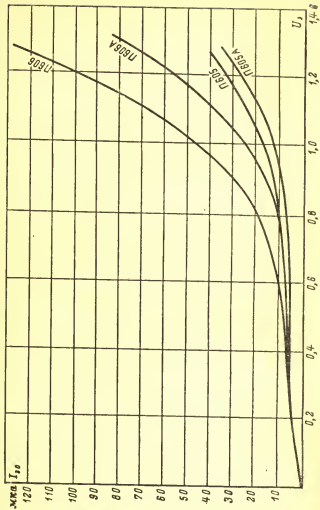


Рис. 16-12. Зависимость обратного тока эмиттера от напряжения на эмиттере для транзисторов П605, П606А.

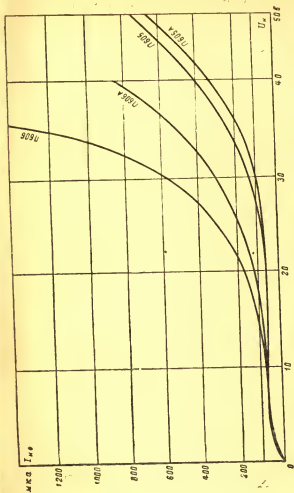


Рис. 16-13. Зависимость обратного тока коллектора от напряжения на коллекторе транзисторов П605—П606А при температуре $+20^{\circ}\text{C}$.

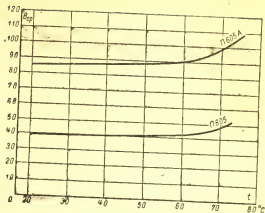


Рис. 16-14. Зависимость коэффициента усиления по постоянному току транзисторов П605—П605А от температуры.

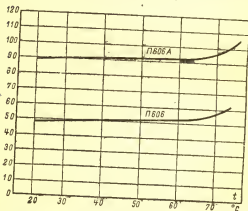


Рис. 16-15. Зависимость коэффициента усиления по постоянному току от температуры транзисторов П606, П606А.

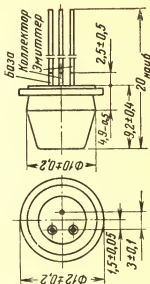
16-3. Транзисторы германиевые сплавные средней мощности низкочастотные
 1Т403А, 1Т403Б, 1Т403В, 1Т403Г, 1Т403Д, 1Т403Е, 1Т403Ж, 1Т403И

р-п-р

Предназначены для работы в схемах переключения выходных каскадов низкочастотных усилителей, преобразователей и стабилизаторах постоянного напряжения радиотехнической аппаратуры.

Транзисторы выпускаются в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и жесткими выводами.

Вес транзистора не более 4 г.



Электрические параметры

Параметры	Типы транзисторов							
	1Т403А	1Т403В	1Т403В	1Т403Г	1Т403Д	1Т403Е	1Т403Ж	1Т403И
Коэффициент усиления по току при $I_K = 100$ ма, $U_K = -5$ в, $B \dots$	20—60	50—150	20—60	50—150	50—150	—	20—60	50—150
Коэффициент по постоянному току при $I_K = 450$ ма, $B_{ст}$, не менее \dots	—	—	—	—	—	30	—	—
Входное напряжение при $I_K = 450$ ма, $U_{вх}$, в не более \dots	0,8	0,65	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Предельная частота в схеме общим эмиттером при $I_K = 100$ ма, $U_K = -5$ в, f_a , не менее \dots	8	8	8	6	6	8	8	8
Выходная проводимость при $U_{кз} = U_{исп}^1 \dots$	50	50	50	50	50	50	50	50
при $U_{кз} = U_{кз, макс} \dots$	250	250	250	250	250	250	250	250

Параметры	Типы транзисторов						
	1Т403А	1Т403В	1Т403В	1Т403Г	1Т403Д	1Т403Е	1Т403Ж
Обратный ток коллектор—база при $U_{кб} = U_{кб. макс.}, I_{к0} \text{ мкА}$	50	50	50	50	50	50	70
при температуре $+20^\circ \text{C}$	800	800	800	800	800	800	800
при температуре $+70^\circ \text{C}$	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000	6 000
Обратный ток коллектор—эмиттер при $U_{кз} = U_{кз. макс.}, I_{кз} \text{ мкА}$, не более	50	50	50	50	50	50	70
Обратный ток эмиттер—база при $U_{эб} = U_{эб. макс.}, I_{эб} \text{ мкА}$ не более	15	15	12	15	15	12	15
Тепловое сопротивление между переходом и теплоотводом при $P_{расс} = 1 \text{ Вт}, R_{пт}, ^\circ \text{C/Вт}$ не более	15	15	12	15	15	12	15

1 $U_{исп}$ — испытательное напряжение: для 1Т403А, 1Т403В, $U_{исп} = 60 \text{ В}$, для 1Т403В, 1Т403Г, 1Т403Д, 1Т403Е, $U_{исп} = 80 \text{ В}$, для 1Т403Ж, 1Т403И $U_{исп} = 100 \text{ В}$.

Предельные эксплуатационные режимы при температуре от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$

Параметры	Типы транзисторов						
	1Т403А	1Т403В	1Т403В	1Т403Г	1Т403Д	1Т403Е	1Т403Ж
Максимальное напряжение коллектор—база $U_{кб, \text{ макс' } \theta}$	45	45	60	60	60	60	80
Максимальное напряжение коллектор—эмиттер $U_{кэ, \text{ макс' } \theta}$	30	30	45	45	45	45	60
Максимальное напряжение эмиттер—база $U_{эб, \text{ макс' } \theta}$	20	20	20	20	30	20	20
Максимальный ток коллектора, $I_{к, \text{ макс' } a}$	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Максимальный ток базы, $I_{б, \text{ макс' } a}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Максимальная мощность, рассеиваемая транзистором, определяется по формуле:
а) с теплоотводом

$$P_{\text{макс}} = \frac{85^\circ\text{C} - t_0}{R_{\text{тп}}};$$

б) без теплоотвода

$$P_{\text{пред}} = \frac{85^\circ\text{C} - t_0}{R_{\text{т0}}} \quad \text{при давлении не менее } 740 \text{ мм рт. ст.},$$

где $R_{\text{т0}}$ — тепловое сопротивление транзистора без теплоотвода, равное $100^\circ\text{C}/\text{вт}$. Максимальная температура перехода $+85^\circ\text{C}$.

УКАЗАНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

Запрещается использовать транзисторы в схемах, в которых цепь базы разомкнута по постоянному току.

При включении транзистора в схему, находящуюся под напряжением, базовый вывод должен присоединяться первым.

При эксплуатации транзисторов с применением теплоотвода, а также при измерении параметров и испытаниях транзисторы должны быть вставлены в конусное гнездо теплоотвода конусной частью корпуса, смазанной невысыхающим маслом, и жестко закреплены в нем.

Пайка к выводам транзистора допускается только на расстоянии не менее 5 мм от корпуса. Изгиб выводов допускается на расстоянии не ближе 3 мм от корпуса с радиусом закругления не менее 1,5 мм.

РАЗДЕЛ СЕМНАДЦАТЫЙ
ТРАНЗИСТОРЫ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ
ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ

11-7. Транзисторы германиевые конверсионные П607,
П607А, П608, П608А, П609, П609А

D-n-p

Предназначены для усиления и генерирования электрических колебаний.

Транзисторы конструктивно оформлены в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и имеют жесткие выводы.

Вес транзистора не более 12 г.

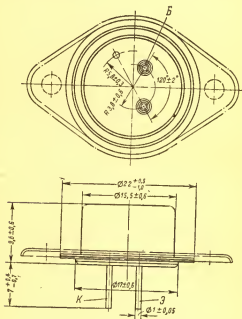


Рис. 17-1. Габаритные размеры транзисторов П607—П609А.

Пределные эксплуатационные данные

Ток коллектора в диапазоне температур от -60
до $+70^{\circ}\text{C}$ не более 200 *ма*

Напряжение коллектор — база:

при температуре до $+20^{\circ}\text{C}$ не более . . — 15 *в*

при температуре до $+70^{\circ}\text{C}$ не более . . — 12 *в*

Напряжение эмиттер — база в диапазоне тем-
ператур от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$ не более . . . — 0,5 *в*

Мощность, рассеиваемая транзистором при
температуре корпуса транзистора:

до $+35^{\circ}\text{C}$ 1,5 *вт*

до $+70^{\circ}\text{C}$ 0,5 *вт*.

Диапазон рабочих температур от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$

Относительная влажность при
температуре $+45 \pm 5^{\circ}\text{C}$ до 98%.

Давление окружающего воз-
духа от 5 *мм рт. ст.* до 2 *ат*

Вибрационные нагрузки с ча-
стотой 50 *гц* с ускорением
до 12 *г*. Срок службы не
менее 10 000 *ч*.

Указания по эксплуатации

При эксплуатации транзисторов при температуре
корпуса выше $+35^{\circ}\text{C}$ предельно допустимая мощность
снижается на 290 *мвт* на каждые 10°C .

Запрещается использовать транзисторы в схемах,
где сопротивление между базой и эмиттером больше
5 *ком*.

Пайка выводов допускается на расстоянии не ме-
нее 5 *мм* от корпуса транзистора паяльником мощностью
не более 60 *вт*.

Транзисторы должны жестко крепиться на корпус.

Наименование параметров	Электрические							
	Тип транзис							
	П607		П607А		П608		П608А	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Коэффициент усиления по току B^1	20	80	60	200	20	80	60	200
Коэффициент усиления по мощности K_p при мощности на выходе 0,3 Вт в режиме уси- ления А	{ 3	—	3	—	3	—	3	—
Обратный ток коллектора I_{K0} , мкА	{ —	100	—	100	—	100	—	100
	{ —	2 000	—	2 000	—	2 000	—	2 000
	{ —	2 500	—	2 500	—	2 500	—	2 500
Обратный ток эмиттера $I_{Э0}$, мА ²	—	1	—	1	—	1	—	1
Напряжение, при кото- ром коэффициент уси- ления $\alpha=1$, В	30	—	30	—	30	—	30	—
Емкость коллектора C_K , пф	—	40	—	40	—	30	—	30
Постоянная времени цепи обратной связи $t_{б} C_K$, мксек	—	200	—	200	—	200	—	200

¹ Значение коэффициента усиления по току при температу-
тельно его значений при температуре $+20^\circ\text{C}$ и при температуре

² При напряжении эмиттер—база $U_{ЭБ} = 0,5\text{ В}$.

Примечания: 1. Жирным шрифтом выделены
2. Графы 1, 2 обозначают наименьшее, наибольшее

параметры

гора				Режим измерения			
П609		П609А		Ток коллек- тора I_K , ма	Напряжение коллектор- база U_{KB} , в	Частота f , Мгц	Температура окружающей среды t_c , °C
1	2	1	2				
20	80	60	200	100	— 10	0,001	+ 20
—	—	—	—	100	— 15	40	—
—	—	—	—	100	— 15	70	+ 20
3	—	3	—	100	— 15	100	—
—	100	—	100	—	— 15	—	+ 20
—	2 000	—	2 000	—	— 30	—	+ 20
—	2 500	—	2 500	—	— 15	—	+ 70
—	1	—	1	—	—	—	+ 20
—	—	30	—	100 (имп.)	— 30	—	+ 20
30	30	—	30	—	— 10	5	+ 20
—	200	—	200	100	— 10	5	+ 20

ре окружающей среды +70° С увеличивается на 50% относи-
—60° С уменьшается на 40%.

классификационные параметры.
значения соответственно.

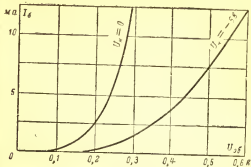
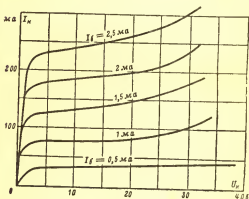


Рис. 17-2. Усредненные* входные характеристики в схеме с общим эмиттером транзисторов П607—П609А.



[Рис. 17-3. Усредненные выходные характеристики в схеме с общим эмиттером транзисторов П607—П609А.

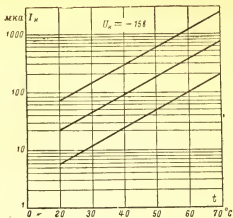


Рис. 17-4. Зависимость обратного тока коллектора от температуры при напряжении на коллекторе -15 В .

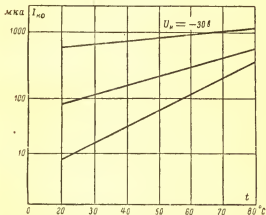


Рис. 17-5. Зависимость обратного тока коллектора от температуры при напряжении на коллекторе -30 В .

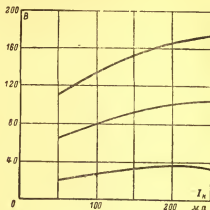


Рис. 17-6. Зависимость коэффициента усиления по току от тока коллектора транзисторов П607—П609А.

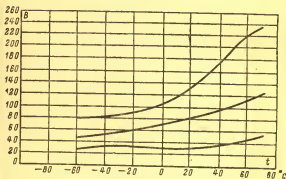


Рис. 17-7. Зависимость коэффициента усиления по току от температуры транзисторов П607—П609А.

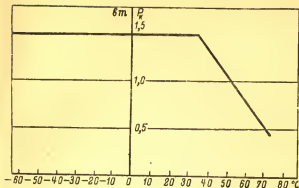


Рис. 17-8. Зависимость допустимой мощности, рассеиваемой транзистором, от температуры корпуса транзисторов П607—П609А.

РАЗДЕЛ ВОСЕМНАДЦАТЫЙ
ТРАНЗИСТОРЫ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ
НИЗКОЧАСТОТНЫЕ

18-1. Транзисторы германиевые сплавные П4А, П4Б,
П4В, П4Г

p-n-p

Предназначены для работы в схемах переключения, выходных каскадах усилителей звуковых частот и преобразователях постоянного напряжения.

Транзисторы конструктивно оформлены в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и имеют гибкие выводы.

Вес транзистора не более 14,5 г.

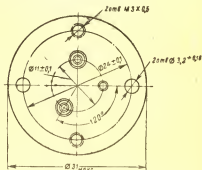
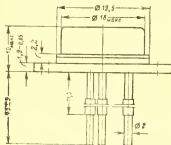


Рис. 18-1. Габаритный чертеж транзисторов П4А—П4Г.



Э Б К

Электрические параметры

Наименование параметров	Тип транзистора						Режим измерения								
	П4А		П4Б		П4В		П4Г		Ток коллектора $I_{к. а}$	Напряжение на коллекторе $U_{к. в}$	Мощность $P_{эп}$	Частота f , кГц	Сопротивление нагрузки $R_{н. ом}$	Сопротивление генератора $R_{г. ом}$	Температура окружающей среды t_c , °C
	1	2	1	2	1	2	1	2							
Коэффициент усиления по току B	5	—	15	40	10	—	15	30	2	—	10	1	5	5	+20
Коэффициент усиления по мощности K_p , дБ	20	—	23	—	—	—	27	—	1	—	26	10	25	15	—
Обратный ток коллектора $I_{к0}$, мкА	—	500	—	400	—	400	—	400	—	—	10	—	—	—	—
Начальный ток коллектора $I_{к.н. ма}$	—	50	—	20 ¹	—	20 ¹	—	20	—	—	50	—	—	—	—
Коэффициент нелинейных искажений, %	—	15	—	10	—	—	—	10	1	—	26	10	25	15	—
Напряжение между коллектором и эмиттером в режиме насыщения ² , $U_{к.в}$, в	—	—	—	0,5	—	0,5	—	0,5	2	—	—	—	—	—	+20

¹ Значения приведены при напряжении на коллекторе — 60 в для П4Б и — 35 в для П4В.

² Значения приведены при токе базы 300 мА.

Примечания: 1. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.
2. Графы 1, 2 обозначают наименьшее, наибольшее значения соответственно.

Предельные эксплуатационные данные

Ток коллектора	5 а.
Ток базы	1,2 а.

Напряжение на коллекторе в схеме с общей базой
для транзисторов:

П4А, П4Г	60 в,
П4Б	70 в,
П4В	40 в,

в схеме с общим эмиттером:

П4А, П4Г	50 в,
П4Б	60 в,
П4В	35 в,

в схеме с общим коллектором:

П4А, П4Г	40 в,
П4Б	50 в,
П4В	25 в.

Мощность, рассеиваемая с дополнительным теплоот-
водом при температуре корпуса транзистора $+40^{\circ}\text{C}$,
25 вт, при $+50^{\circ}\text{C}$ 20 вт (для транзисторов П4А соот-
ветственно 20 и 15 вт).

Мощность, рассеиваемая без дополнительного теп-
лоотвода, 3 вт (для транзисторов П4А 2 вт).

Мощность, рассеиваемая на коллекторе, при по-
вышении температуры корпуса транзистора выше
 $+40^{\circ}\text{C}$ рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{макс}} = \frac{90^{\circ}\text{C} - t_{\text{к}}}{2^{\circ}\text{C/вт}},$$

где $P_{\text{макс}}$ — предельная мощность рассеивания, вт;

$t_{\text{к}}$ — температура корпуса, $^{\circ}\text{C}$.

Температура коллекторного перехода $+90^{\circ}\text{C}$.

Диапазон рабочих температур от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$.

Относительная влажность при температуре $+40 \pm 5^\circ \text{C}$ $95 \pm 3\%$.

Давление окружающего воздуха от 5 мм рт. ст. до 2 ат.

Вибрационные нагрузки с частотой 50 гц и ускорением 10 g.

Срок службы не менее 5 000 ч.

Указания по эксплуатации

Величина значения базового тока не должна превышать 1,2 а.

Для этого при работе на больших уровнях тока ($I_k > 2 \text{ а}$) не допускается ток в цепи база — эмиттер при отсутствии коллекторного напряжения.

Пайка и изгиб выводов допускаются на расстоянии не менее 20 мм от корпуса транзистора, при пайке должны быть предусмотрены меры предосторожности от нагрева транзистора.

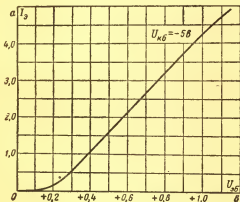


Рис. 18-2. Входные характеристики транзисторов П4А—П4Г в схеме с общей базой.

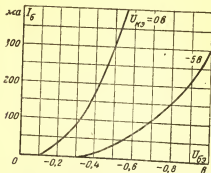


Рис. 18-3. Входные характеристики транзистора П4А в схеме с общим эмиттером.

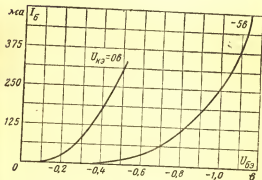


Рис. 18-4. Входные характеристики транзистора П4Б в схеме с общим эмиттером.

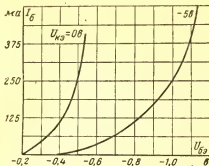


Рис. 18-5. Входные характеристики транзистора П4В в схеме с общим эмиттером.

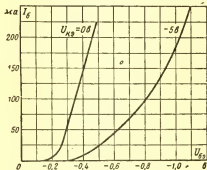


Рис. 18-6. Входные характеристики транзистора П4Г в схеме с общим эмиттером.

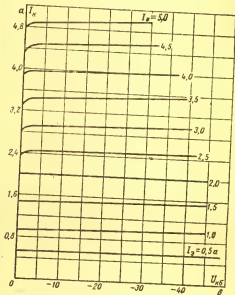


Рис. 18-7. Выходные характеристики транзисторов П4А—П4Г в схеме с общей базой.

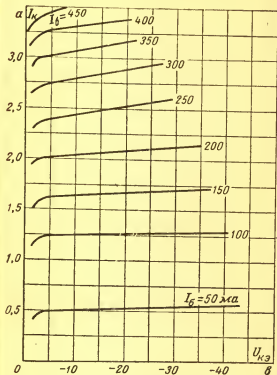


Рис. 18-8. Выходные характеристики транзистора П4А в схеме с общим эмиттером.

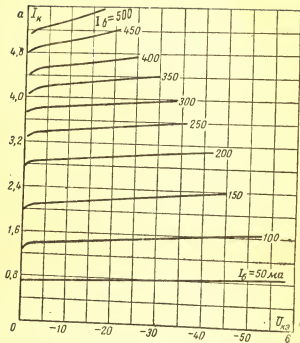


Рис. 18-9. Выходные характеристики транзистора П4Б в схеме с общим эмиттером.

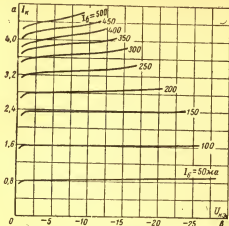


Рис. 18-10. Выходные характеристики транзистора П4Д в схеме с общим эмиттером.

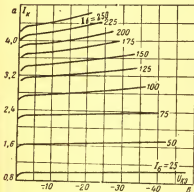


Рис. 18-11. Выходные характеристики транзистора П4Г в схеме с общим эмиттером.

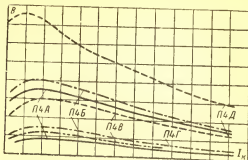


Рис. 18-12. Зависимость коэффициента усиления по постоянному току от тока коллектора транзисторов П4А—П4Г при температуре $+50^{\circ}\text{C}$.

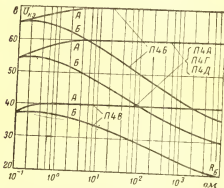


Рис. 18-13. Зависимость предельно допустимого напряжения коллектор—эмиттер от сопротивления в цепи эмиттера (кривые А) и сопротивления в цепи базы (кривые Б) транзисторов П4А—П4Г.

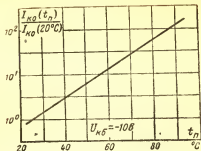


Рис. 18-14. Зависимость обратного тока коллекторного перехода от температуры транзисторов П4А—П4Г.

18-2. Транзисторы германиевые сплавные П201, П201А, П202, П203

p-n-p

Предназначены для работы в схемах переключения, выходных каскадах усилителей звуковых частот и преобразователях постоянного напряжения.

Транзисторы конструктивно оформлены в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и имеют гибкие выводы.

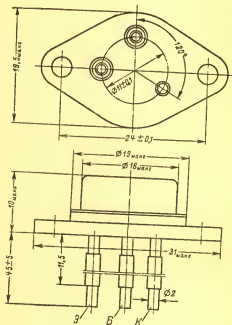


Рис. 18-15. Габаритный чертеж транзисторов П201—П203.

Электрические параметры

Наименование параметров	Тип транзистора						Режим измерения						
	П201		П201А		П202		П203		Ток коллектора $I_{к. а}$	Напряжение на коллекторе $U_{к. а}$	Напряжение на эмиттере $U_э. а$	Частота $f, кГц$	Температура окружающей среды $t_c, ^\circ C$
	1	2	1	2	1	2	1	2					
Предельная частота усиления по току $f_{кзч}$	—	100	—	200	—	100	—	200	0,2	—	—	—	+ 20
	0,7	—	0,7	—	0,7	—	0,7	—	0,2	—	—	—	+ 20
	20	—	40	—	20	—	—	—	0,2	—	—	—	+ 20
	16	—	30	—	16	—	—	—	0,2	—	—	—	+ 20
	—	0,4	—	0,4	—	0,4	—	0,4	—	—	—	—	+ 20
	—	2,0	—	2,0	—	3,5	—	3,5	—	—	—	—	+ 20
Обратный ток коллектора $I_{к0}$. ма ²	—	0,4	—	0,4	—	0,4	—	0,4	—	—	—	—	+ 20
Обратный ток эмиттера $I_{э0}$. ма . .	—	0,4	—	1,5	—	1,5	—	1,5	—	—	—	—	+ 20
	—	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+ 20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+

¹. Значения коэффициента усиления по току указаны для транзисторов П201, П202 на частоте 100 кГц, а для транзисторов П201А, П203 на частоте 200 кГц.

² Значения обратного тока коллектора указаны для транзисторов П201, П201А при напряжении на коллекторе —20 в, а для транзисторов П202, П203 при напряжении на коллекторе —30 в.

Примечания: 1. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.

2. Графы 1, 2 обозначают наименьшее, наибольшее значения соответственно.

Пределные эксплуатационные данные

Ток коллектора длительный:

для транзисторов П201, П201А 1,5 а

для транзисторов П202, П203 2 а

Ток коллектора в режиме переключения:

для транзистора П201А 2 а

для транзисторов П201, П203 2,5 а

Таблица 2

Напряжение на коллек- торе закрытого транзис- тора, в	Тип транзистора				Температура корпуса $t_{к}$, °C
	П201	П201 А	П202	П203	
В схеме с общей базой при $I_{\text{з}} = 0$	$\begin{cases} 45 \\ 30 \\ 30 \end{cases}$	$\begin{cases} - \\ - \\ - \end{cases}$	$\begin{cases} - \\ - \\ - \end{cases}$	$\begin{cases} - \\ - \\ - \end{cases}$	$\begin{cases} 20 \\ 50 \\ 70 \end{cases}$
В схеме с общим эмитте- ром при $R_{\text{б}} = 0$	$\begin{cases} - \\ - \\ - \end{cases}$	$\begin{cases} 45 \\ 30 \\ 30 \end{cases}$	$\begin{cases} 70 \\ 55 \\ 55 \end{cases}$	$\begin{cases} 70 \\ 55 \\ 55 \end{cases}$	$\begin{cases} 20 \\ 50 \\ 70 \end{cases}$
В схеме с общим эмитте- ром при $R_{\text{бз}} < 50 \text{ ом}$.	$\begin{cases} 30 \\ 22 \end{cases}$	$\begin{cases} 30 \\ 22 \end{cases}$	$\begin{cases} 55 \\ 30 \end{cases}$	$\begin{cases} 55 \\ 30 \end{cases}$	$\begin{cases} 20 \\ 50 \end{cases}$

Мощность, рассеиваемая транзистором, без дополни-
тельного теплоотвода при окружающей температуре
 $+20 \pm 5^{\circ} \text{C}$ 1 вт.

Мощность, рассеиваемая транзистором, с допол-
нительным теплоотводом при температуре корпуса
 $+50^{\circ} \text{C}$ 10 вт.

Мощность (кратковременно допустимая), рассеивае-
мая транзистором, с дополнительным теплоотводом при
температуре до $+70^{\circ} \text{C}$ 10 вт, при температуре кор-

пуска свыше $+50^{\circ}\text{C}$ величина мощности определяется по формуле

$$P_{\text{макс}} = \frac{85^{\circ}\text{C} - t_{\text{к}}}{3,5^{\circ}\text{C}/\text{вт}},$$

где $3,5^{\circ}\text{C}/\text{вт}$ — максимально возможное тепловое сопротивление триода;

$t_{\text{к}}$ — установившаяся температура фланца корпуса триода, $^{\circ}\text{C}$.

Напряжение смещения на коллекторе открытого транзистора в схеме с общим эмиттером при мощности 10 вт , и температуре корпуса $+50^{\circ}\text{C}$:

для транзисторов П201, П201А — 10 в ,

для транзисторов П201, П203 — 15 в .

Мощность переключения постоянного тока:

для транзистора П201А 30 вт ,

для транзисторов П202, П203 40 вт .

Диапазон рабочих температур от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$.

Относительная влажность при температуре $+40 \pm \pm 5^{\circ}\text{C}$ до $95 \pm 3\%$.

Давление окружающего воздуха от 5 мм рт. ст. до 2 ат .

Вибрационные нагрузки при частоте 50 гц с ускорением 10 г .

Срок службы не менее $5\,000\text{ ч}$.

У к а з а н и я п о э к с п л у а т а ц и и

Скважность при подаче кратковременных импульсов мощности должна быть не менее 3.

Пайка и изгиб выводов допускаются на расстоянии не менее 20 мм от корпуса транзистора, при этом должны быть приняты меры против перегрева транзистора.

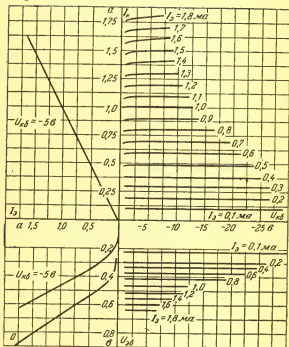


Рис. 18-16. Вольт-амперные характеристики транзисторов П201, П201А в схеме с общей базой.

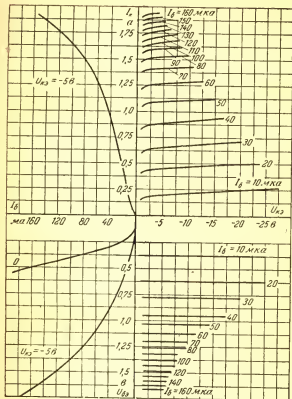


Рис. 18-17. Вольт-амперные характеристики транзистора П201 в схеме с общим эмиттером.

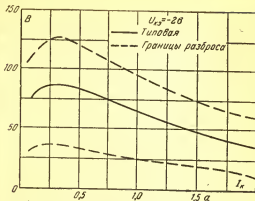


Рис. 18-18. Зависимость коэффициента усиления по току от тока коллектора транзисторов П201—П203.

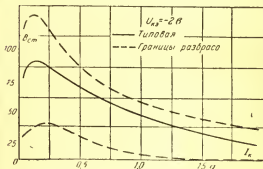


Рис. 18-19. Зависимость коэффициента усиления по постоянному току от тока коллектора транзисторов П201—П203.

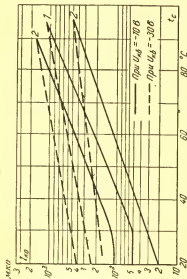


Рис. 18-20. Зависимость обратного тока коллектора от температуры транзисторов П201—П203.

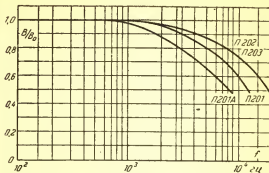


Рис. 18-21. Зависимость коэффициента усиления по току от частоты транзисторов П201—П203.

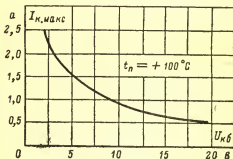


Рис. 18-22. Зависимость максимально допустимого тока коллектора от напряжения коллектор—база транзисторов П201, П202.

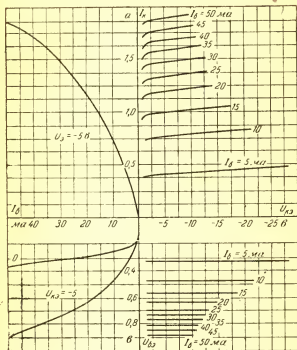


Рис. 18-23. Вольт-амперные характеристики транзистора П201А в схеме с общим эмиттером.

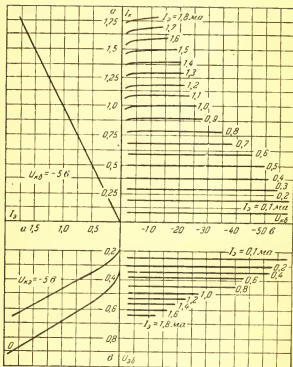


Рис. 18-24. Вольт-амперные характеристики транзисторов П202, П203 в схеме с общей базой.

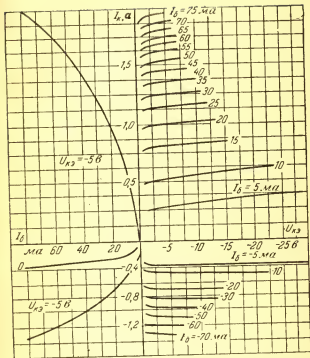


Рис. 18-25. Вольт-амперные характеристики транзисторов П202, П203 в схеме с общим эмиттером.

18-3. Транзисторы германиевые сплавные мощные П209, П209А, П210, П210А

p-n-p

Предназначены для работы в радиотехнической аппаратуре в режимах усиления и переключения мощности.

Транзисторы конструктивно оформлены в металлическом герметичном корпусе, защищенном противокоррозийным покрытием со стеклянными изоляторами и гибкими выводами с наконечниками.

Вес транзистора не более 37 г.

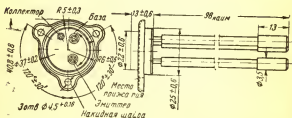


Рис. 18-26. Габаритный чертёж транзисторов П209, П210А.

Предельные эксплуатационные данные

Ток коллектора 12 а.

Напряжение коллектор — база 45 в*.

Напряжение коллектор — эмиттер 45 в**.

Мощность, рассеиваемая при тепловом сопротивлении 1°C/вт и температуре корпуса $+25^\circ \text{C}$, 60 вт,

* Для транзисторов П209, П209А 65 в.

** Для транзисторов П210, П210А 65 в.

Электрические параметры

Наименование параметров	Тип транзистора						Режим измерения		
	П209		П209А		П210		П210А		Температура окружающей среды $t_c, ^\circ\text{C}$
	1	2	1	2	1	2	1	2	
Коэффициент усиления по току B в схеме с общим эмиттером	15	—	15	—	15	—	15	—	—
Крутизна характеристики $S_{ст}, \text{a/a}$. . .	5,5	11	9	—	5,5	11	9	—	—
Начальный ток коллектора $I_{к.н}, \text{мА}$. . .	5	—	5	—	—	8	—	8	—
Обратный ток коллектора $I_{к0}, \text{мА}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* Для П210; П210А.

Примечания: 1. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.
2. Графы 1, 2 обозначают наименьшее, наибольшее значения соответственно.

при температуре корпуса $+55^{\circ}\text{C}$ 30 *вт*, при температуре корпуса $+75^{\circ}\text{C}$ 10 *вт*.

Мощность, *вт*, рассеиваемая транзистором, определяется по установившейся температуре корпуса (фланца) транзистора по формуле

$$P_{\text{макс}} = \frac{85^{\circ}\text{C} - t_{\text{к}}}{1^{\circ}\text{C}/\text{вт}},$$

$t_{\text{к}}$ — температура корпуса (фланца) транзистора, $^{\circ}\text{C}$.

Мощность, рассеиваемая при температуре окружающей среды до $+25^{\circ}\text{C}$ и без дополнительного теплоотвода, 1,5 *вт*.

Диапазон рабочих температур от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$.

Температура перехода $+85^{\circ}\text{C}$.

Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$ от 95 до 98%.

Давление окружающего воздуха от 5 *мм рт. ст.* до 3 *ат*.

Вибрационные нагрузки в диапазоне частот от 10 до 2 000 *гц* с ускорением до 15 *г*.

Срок службы не менее 5 000 ч.

Указания по эксплуатации

Транзисторы плотно привинчиваются к теплоотводящей панели с пришлифованной поверхностью с помощью комплектующей шайбы.

При эксплуатации транзистора в условиях разрежения должны быть учтены условия меньшей теплоотдачи с тем, чтобы при подводимой к транзистору мощности температура перехода не превышала $+85^{\circ}\text{C}$.

18-4. Транзисторы кремниевые сплавные П302, П303, П303А, П304

р-п-р

Предназначены для работы в радиотехнических и электронных устройствах в режимах усиления и переключения мощности низкой частоты при повышенных температурах.

Транзисторы конструктивно оформлены в металлическом герметичном корпусе, защищенном противокоррозийным покрытием, со стеклянными изоляторами, с жесткими прочными выводами, легко смачиваемыми припоем.

Вес транзистора не более 9 *г*.

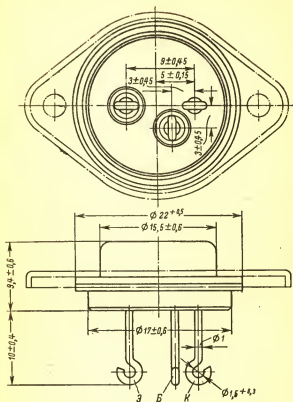


Рис. 18-27. Габаритный чертеж транзисторов П302—П304.

Электрические параметры

Наименование параметров	Тип транзистора						Режим измерения							
	П302		П303		П303А		П304		Напряжение на коллекторе U_K , в	Ток эмиттера I_E , а	Частота f , кГц	Сопротивление база-эмиттер $R_{бэ}$, ом	Температура окружающей среды t_c , °С	
	1	2	1	2	1	2	1	2						
Коэффициент усиления по току β в схеме с общим эмиттером	{	10	—	6	—	6	—	5	—	10	0,12; 0,06*	—	—	20
		6	—	3,5	—	3,5	—	3	—	10	0,12; 0,06*	—	—	60
		4	—	2,5	—	2,5	—	2	—	10	0,3	—	—	20
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Входное напряжение $U_{вх}$, в	{	—	6	—	10	2,5	4	—	10	10	—	—	—	20
		—	100	—	100	—	100	—	100	60; 35**	—	—	—	20
		—	1	—	1	—	1	—	1	140**; 70; 100*	—	—	—	20
		—	6	—	6	—	6	—	6	30**; 50; 65*	—	—	—	120
Начальный ток коллектора $I_{кн}$, мА	{	—	1	—	1	—	1	—	1	35**; 60; 80*	—	—	—	60
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Наименование параметров	Тип транзистора						Режим измерения						
	П303		П303		П303А		П304		Напряжение на коллекторе U_k , в	Ток эмиттера I_E , а	Частота f , кГц	Сопротивление база-эмиттер $R_{6э}$, ом	Температура окружающей среды t_c , °C
	1	2	1	2	1	2	1	2					
Предельная частота коэффициента усиления по току f_a , кГц	200	—	100	—	100	—	50	—	20	0.12	100	50*20**	+ 20
Сопротивление насыщения $R_{нас}$, ом***	{	—	—	30	—	30	—	—	—	—	—	—	+ 60
		—	—	20	—	20	—	—	—	—	—	—	+ 20
		—	—	30	—	30	—	—	—	—	—	—	+ 120

* Для П304.

** Для П302.

*** При токе коллектора $I_K = 0,3$ а.**** При токе коллектора $I_K = 0,15$ а и токе базы $I_6 = 0,05$ а.

Примечания: 1. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.
 2. Графы 1, 2 обозначают наименьшее, наибольшее значения соответственно.

Пределные эксплуатационные данные

Ток коллектора 0,4 а.

Ток эмиттера 0,5 а.

Напряжение коллектор — эмиттер и коллектор — база при сопротивлении цепи база — эмиттер не более 100 ом:

при температуре перехода $+20^{\circ}\text{C}$ — 35 в**; 60 в; 80 в*,

при температуре перехода $+100^{\circ}\text{C}$ 35 в**; 60 в; 80 в*,

при температуре перехода $+150^{\circ}\text{C}$ 18 в**; 30 в; 40 в*, в диапазоне температур перехода от -60 до $+120^{\circ}\text{C}$ 30 в**; 50 в; 65 в*.

Мощность, рассеиваемая прибором при температуре корпуса до $+50^{\circ}\text{C}$, 8 вт**; 10 вт, при температуре корпуса $+120^{\circ}\text{C}$, 3 вт.

Мощность, рассеиваемая прибором при температуре от $+50$ до $+130^{\circ}\text{C}$, определяется по формуле

$$P_{\text{макс}} = \frac{150 - t_{\text{к}}^{\circ}\text{C}}{10}, \text{ вт.}$$

Диапазон рабочих температур от -60 до $+120^{\circ}\text{C}$.
Температура перехода $+150^{\circ}\text{C}$.

Давление окружающего воздуха от 5 мм рт. ст. до 2 ат.

Относительная влажность при температуре $+40 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 95—98%.

Вибрационные нагрузки в диапазоне частот от 5 до 2 000 гц с ускорением 15 g.

Срок службы не менее 5 000 ч.

Указания по эксплуатации

Не следует отключать цепь базы при наличии напряжения на электродах.

Пайка подводящих проводов допускается только к крючкам выводов транзистора в течение не более 10 сек паяльником мощностью 50—60 вт.

При эксплуатации транзисторов в условиях механических ускорений транзисторы необходимо крепить за корпус.

* Для ПЗ04.

** Для ПЗ02.

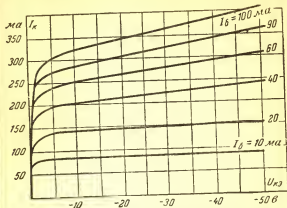


Рис. 18-28. Выходные характеристики транзисторов П302—П304 в схеме с общим эмиттером.

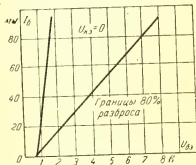


Рис. 18-29. Входные характеристики транзисторов П302—П304 в схеме с общим эмиттером при $U_{KЭ} = 0$.

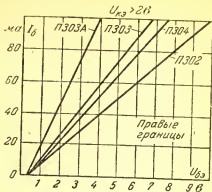


Рис. 18-30. Входные характеристики транзисторов П302—П304 в схеме с общим эмиттером при $U_{кз} > 2$ в.

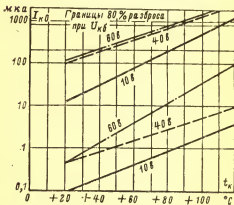


Рис. 18-31. Зависимость обратного тока коллектора от температуры корпуса транзисторов П302—П304.

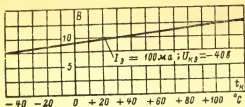


Рис. 18-32. Зависимость коэффициента усиления по постоянному току от температуры корпуса транзисторов ПЗ02—ПЗ04.

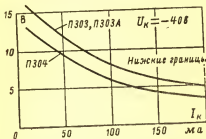
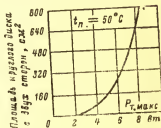


Рис. 18-33. Зависимость коэффициента усиления по постоянному току от тока коллектора транзисторов ПЗ03, ПЗ03А, ПЗ04.

Рис. 18-34. Зависимость площади круглого диска—радиатора для транзисторов ПЗ02—ПЗ04 от мощности, рассеиваемой прибором.



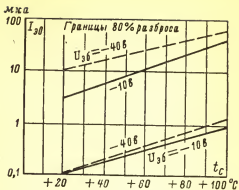


Рис. 18-35. Зависимость обратного тока эмиттера от температуры корпуса транзисторов П302—П304.

РАЗДЕЛ ДЕВЯТНАДЦАТЫЙ

ТРАНЗИСТОРЫ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ СРЕДНЕЧАСТОТНЫЕ

19-1. Транзисторы кремниевые сплавные П701, П701А *п-р-п*

Предназначены для работы в радиотехнических и электронных устройствах в режимах усиления и импульсном.

Транзисторы конструктивно оформлены в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и жесткими выводами.

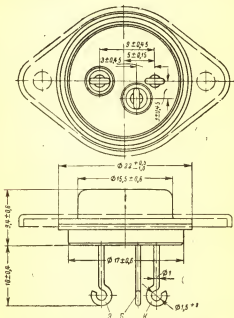


Рис. 19-1. Габаритный чертеж транзисторов «
П701 — П701А.

Электрические параметры

Наименование транзисторов	Тип транзистора				Режим измерения		
	П701		П701А		Напряже- ние кол- лектора $U_{к.а}$	Ток кол- лектора $I_{к.а}$	Темпера- тура окру- жающей среды $t_{с.}$ °C
	1	2	1	2			
Статический коэффициент усиле- ния по току $B_{ст}$	{ 10 6	—	10 6	—	10 10	0,5; 0,2* 0,5; 0,2*	+20 —60
Коэффициент усиления по току B при высокой частоте в схеме с общим эмиттером**	2,5	—	2,5	—	20	0,1	+20
Начальный ток коллектора $I_{к.н.ма}$	{ — — —	500 6000 500	— — —	500 5000 500	50; 70* 35; 50* 50; 70*	— — —	+20 +20 +120
Обратный ток коллектора $I_{к0.ма}$	—	100	—	100	40; 60*	—	+20
Обратный ток эмиттера $I_{э0.ма}$ ***	—	3	—	3	—	—	+20
Входное напряжение $U_{вх.а}$	—	4	—	4	10	0,5	+20

* Для П701А.** На частоте $f = 5 \text{ МГц}$.*** При напряжении эмиттер-база $U_{эб} = 3 \text{ в}$.

Примечания: 1. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.
2. Графы 1, 2 обозначают наименьшее, наибольшее значения соответственно.

Предельные эксплуатационные данные

Ток коллектора 500 *ма*.

Ток эмиттера 700 *ма*.

Напряжение коллектор — эмиттер и коллектор — база при сопротивлении цепи база — эмиттер не более 100 *ом*:

при температуре перехода $+20^{\circ}\text{C}$ 40 *в*; 60 *в**,
при температуре перехода -60°C 40 *в*; 60 *в**,
при температуре перехода $+100^{\circ}\text{C}$ 40 *в*; 60 *в**.

Обратное напряжение эмиттера 2 *в*.

Мощность, рассеиваемая прибором при температуре корпуса до $+50^{\circ}\text{C}$, 10 *вт*, при температуре корпуса $+130^{\circ}\text{C}$ 2 *вт*.

Мощность, рассеиваемая прибором при окружающей температуре $+20^{\circ}\text{C}$ без дополнительного теплоотвода, 1 *вт*.

Мощность, рассеиваемая прибором при температуре корпуса от $+50$ до $+130^{\circ}\text{C}$, определяется по формуле

$$P_{\text{макс}} = \frac{150 - t_{\text{к}}^{\circ}\text{C}}{10}, \text{ вт.}$$

Диапазон рабочих температур от -60 до $+120^{\circ}\text{C}$.

Температура перехода $+150^{\circ}\text{C}$.

Давление окружающего воздуха от 5 *мм рт. ст.* до 2 *ат*.

Относительная влажность при температуре $+40^{\circ}\text{C}$ до 98%.

Вибрационные нагрузки в диапазоне частот от 5 до 2 000 *гц* с ускорением до 20 *г*.

Срок службы не менее 10 000 ч.

* Для П701А.

Указания по эксплуатации

Установившаяся температура корпуса измеряется на теплоотводящей плоскости прибора между выводами.

При эксплуатации транзистор с помощью накидного фланца должен быть жестко закреплен на шасси.

Пайка выводов допускается на расстоянии не менее 5 мм от корпуса транзистора в течение не более 10 сек паяльником мощностью 50—60 вт.

При эксплуатации транзисторов в условиях механических ускорений более 2,5 g транзисторы необходимо крепить за корпус.

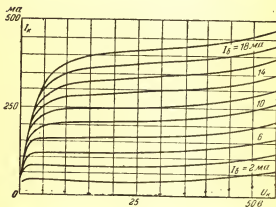


Рис. 19-2. Выходные характеристики транзисторов П701 в схеме с общим эмиттером.

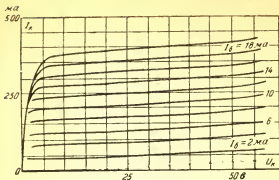


Рис. 19-3. Выходные характеристики транзисторов П701А в схеме с общим эмиттером.

19-2. Транзисторы кремниевые сплавные П702, П702А *n-p-n*

Предназначены для работы в схемах мощных усилителей и генераторов.

Транзисторы конструктивно оформлены в металлическом герметичном корпусе со стеклянными изоляторами и имеют жесткие выводы.

Вес транзистора не более 50 г.

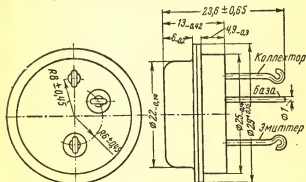


Рис. 19-4. Габаритные размеры транзисторов П702—П702А.

Электрические параметры

Наименование параметров	Тип транзистора			Режим измерений		
	П1702		П1702А	Напряжение на коллекторе $U_{к.в}$	Ток коллектора $I_{к.а}$	Температура окружающей среды $t_c, ^\circ\text{C}$
	1	2	1			
Коэффициент усиления по постоянному току $B_{ст}$	$\begin{Bmatrix} 23 \\ 25 \\ 18 \end{Bmatrix}$	—	$\begin{matrix} 10 \\ 10 \\ 7 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 10 \\ 10 \\ 10 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +20 \\ +120 \\ -65 \end{matrix}$
Коэффициент усиления B^*	4	—	4	30	0.3	+20
Начальный ток коллектора $I_{к.н.ма}^*$	$\begin{Bmatrix} — \\ — \end{Bmatrix}$	$\begin{matrix} 10 \\ 15 \\ 10 \end{matrix}$	—	$\begin{matrix} 70 \\ 70 \\ 70 \end{matrix}$	—	$\begin{matrix} +20 \\ +120 \\ -65 \end{matrix}$
Обратный ток коллектора $I_{к0.ма}$	$\begin{Bmatrix} — \\ — \end{Bmatrix}$	$\begin{matrix} 5 \\ 10 \\ 5 \end{matrix}$	—	$\begin{matrix} 70 \\ 70 \\ 70 \end{matrix}$	—	$\begin{matrix} +20 \\ +120 \\ -65 \end{matrix}$

Наименование параметров	Тип транзистора				Режим измерений		
	П702		П702А		Напряжение на коллекторе U_K , в	Ток коллектора I_K , а	Температура окружающей среды t_c , °С
	1	2	1	2			
Обратный ток эмиттера $I_{Э0}$, мА ¹	—	5 15	—	5 15	—	—	+20 +120
Сопротивление насыщения R_S , ом ²	—	2,5 5	—	4 8	—	1	+20 +120
Входное напряжение $U_{вх}$, в	—	4	—	4	10	1	+20

¹ При напряжении эмиттер—база $U_{ЭБ} = 3$ в.² При токе базы $I_B = 0,2$ а.³ На частоте $f = 1$ МГц.⁴ При сопротивлении в цепи эмиттер—база $R_{ЭЭ} = 100$ ом.

Примечания: 1. Жирным шрифтом выделены классификационные параметры.
2. Графы 1, 2 обозначают наименьшее, наибольшее значения соответственно.

Предельные эксплуатационные данные

Ток коллектора 2 а¹.

Ток базы 0,5 а¹.

Напряжение коллектор — база и напряжение коллектор — эмиттер:

при $t_{\text{п}}$ до 120° С 60 в²,

при $t_{\text{п}}$ до 150° С 30 в².

Напряжение база — эмиттер (обратное) 3 в¹.

Рассеиваемая мощность с радиатором³:

при $t_{\text{к}}$ до + 50° С 40 вт,

при $t_{\text{к}}$ до + 120° С 12 вт,

без радиатора:

при $t_{\text{с}} = 20^{\circ}\text{С}$ 4 вт,

при $t_{\text{с}} = 50^{\circ}\text{С}$ 3 вт,

при $t_{\text{с}} = 120^{\circ}\text{С}$ 0,5 вт.

Тепловое сопротивление переход — корпус
 $R_{\text{т. п-к}}$ 2,5° С/вт.

Тепловое сопротивление переход — окружающая среда $R_{\text{т. п-с}}$ 5° С/вт.

Предельная температура перехода +150° С.

Диапазон рабочих температур корпуса транзистора от —65 до 125 — 5° С.

Ускорения:

при вибрационных нагрузках до 20 g;

при одиночных ударах до 1 000 g.

¹ Во всем интервале температур на переходе.

² В интервале температур на переходе от +120 до +150° С напряжение снижается по линейному закону.

³ В интервале температур на корпусе от +50 до +120° С допустимая рассеиваемая мощность рассчитывается по формуле

$$P_{\text{рас}} = \frac{150 - t_{\text{к}}}{R_{\text{т. п-к}}}.$$

Указания по эксплуатации

При пайке не допускается нагрев вывода более чем до $+170^{\circ}\text{C}$.

Расстояние от места пайки до корпуса прибора не менее 5 мм.

В условиях механических воздействий транзистор необходимо крепить за корпус.

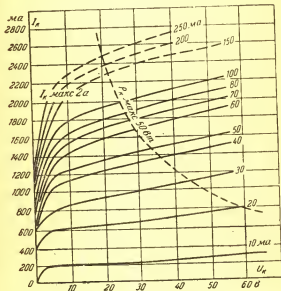


Рис. 19-5. Выходные характеристики в схеме с общим эмиттером $t_c = +20^{\circ}\text{C}$.

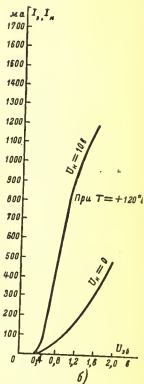
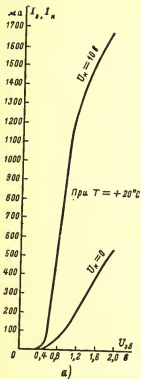


Рис. 19-6. Переходные характеристики.

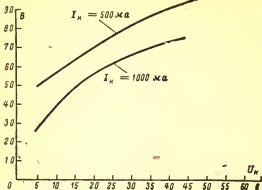


Рис. 19-7. Зависимость коэффициента усиления от напряжения на коллекторе.

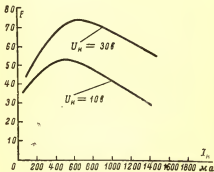


Рис. 19-8. Зависимость коэффициента усиления от тока коллектора.

Указания по применению полупроводниковых приборов

1. Недопустимо производить отбор полупроводниковых приборов и разделение на группы, не предусмотренные техническими условиями на них. Отбор приводит к снижению надежности аппаратуры, повышению трудоемкости, себестоимости и практически исключает возможность ее ремонта.
2. Расчет схем необходимо производить с учетом максимально возможных изменений основных параметров полупроводниковых приборов в рабочем диапазоне температур (табл. 5-1).
3. Схемы на полупроводниковых приборах должны проектироваться с учетом возможного изменения (дрейфа) их параметров в процессе хранения и эксплуатации. Наиболее существен дрейф обратного тока переходов и коэффициента усиления по току транзисторов (см. табл. 5-1).
4. Надежность работы схем на полупроводниковых приборах зависит от правильного выбора рабочих напряжений, токов и мощностей, которые должны быть значительно ниже предельных величин.
5. Использование предельных режимов в схемах, от которых требуется высокая надежность, не допускается.
6. Использование полупроводниковых приборов в предельных режимах по двум параметрам (например, по току и рассеиваемой мощности) не допускается.
7. Для увеличения стабильности схемы в широком диапазоне температур сопротивления между базой и эмиттером транзистора должно быть минимальной величины.
8. Недопустимо использование транзисторов в таких схемах, где они хотя бы короткое время работают с отключенной базой.

9. Число отказов полупроводниковых приборов уменьшается почти в 2 раза при снижении температуры на 10°C от предельной ее величины.

10. Для защиты полупроводниковых приборов от перенапряжений рекомендуется применять опорные диоды, демпфирующие цепи, ограничивающие диоды, последовательное соединение приборов.

11. Большое сопротивление в цепи эмиттера и малое сопротивление в цепи базы всегда являются необходимым условием устойчивой и надежной работы транзистора.

12. Необходимо осуществлять теплоотвод между корпусом полупроводникового прибора и местом пайки вывода.

13. Изгиб выводов у полупроводниковых приборов на расстояниях от корпуса, меньших, чем предусмотрено в ТУ, недопустим.

14. Запрещается подавать напряжение на транзистор, базовый вывод которого отключен.

15. Недопустимо проверять схемы на полупроводниковых приборах с помощью омметров или других приборов, создающих опасные токи в измеряемых цепях.

*Винокуров Иосиф Абович, Горюнов Николай Николаевич,
Клейман Аркадий Юрьевич, Соловов Александр Алексеевич.*

Справочник по полупроводниковым диодам и транзисторам

М.-Л., издательство «Энергия», 528 стр., с илл.

Тематический план 1964 г. Позиция 288

Обложка художника *А. М. Кувшинникова*.

Редактор *В. В. Енютин*

Техред *Г. Е. Ларионов*

Сдано в пр-во 7/VII 1964 г. Подписано к печати 26/X 1964 г.

Формат бумаги 70 × 92¹/₁₆. Печ. л. 19,3, Уч.-изд. л. 19,4

Т-13387 Тираж 50 000 экз. Цена 1 р. 12 к. Зак. № 563

Московская тип. № 4 Главполиграфпрома
В. Переяславская д. 46







B3 0063